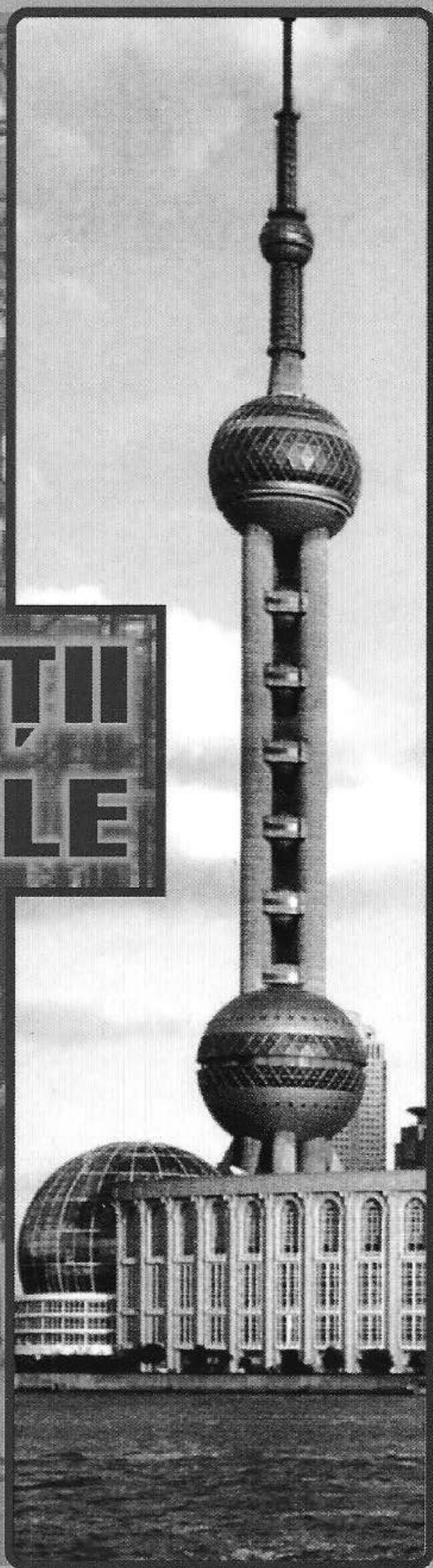
Ana Maria GRĂMESCU

CONSTRUCȚII CIVILE





Editura AGIR

Prof. dr. ing. **Ana Maria Grămescu**

CONSTRUCȚII CIVILE

Seria „Ingineria construcțiilor"



Editura AGIR
București, 2007

Prefață

Concepția, proiectarea și executarea construcțiilor civile trebuie să îndeplinească exigențele și criteriile de performanță menite să asigure calitatea vieții și activității umane.

Lucrarea pune la dispoziția specialiștilor în construcții un ansamblu de cunoștințe și probleme care intervin în procesul de proiectare și alcătuire a clădirilor civile în contextul exigențelor pentru asigurarea performanțelor de calitate.

Prin modul de prezentare a principalelor aspecte teoretice și practice, cartea reprezintă un important instrument pentru înțelegerea și interpretarea fenomenelor complexe care apar la realizarea unei construcții civile.

Sunt prezentate sintetic performanțele privind calitatea construcțiilor în contextul exigențelor actuale, acțiunile care intervin pe parcursul exploatării construcțiilor, exigențele higrotermice și modul de calcul termic al clădirilor, elemente de acustică a clădirilor, iluminatul în construcții civile, calculul și alcătuirea infrastructurii, calculul și alcătuirea suprastructurii, cu detalierea tuturor componentelor: planșee, acoperișuri, pereți, scări.

De asemenea, se prezintă, detaliat, structurile constructive pentru construcțiile civile, respectiv: structuri din zidărie portantă, structuri în cadre din beton armat, structuri cu diafragme din beton armat, structuri mixte.

Pentru o înțelegere mai bună a tematicii și problemelor tratate, textul este însoțit de un bogat material grafic și ilustrativ, tabele și anexe privind

explicitarea diferiților termeni și noțiuni specifice acțiunilor și parametrilor din fizică construcțiilor.

Prin conținutul și modul de prezentare, lucrarea se adresează studenților facultăților de construcții, dar și specialiștilor din domeniu care își desfășoară activitatea în proiectare, cercetare, execuție.

Autoarea

Cuprins

1.

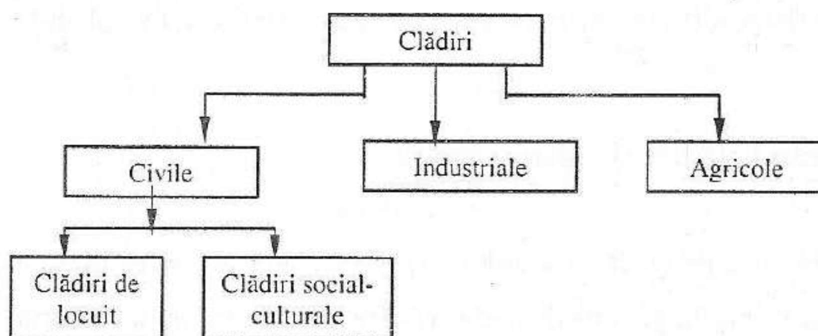
CONSTRUCȚII – ELEMENTE GENERALE

Cea mai expresivă definiție a structurilor este cea formulată cu două mii de ani în urmă de Vitruviu: „Există trei lucruri care trebuie să se regăsească în toate edificiile, şi anume: soliditatea, comoditatea şi frumuseţea". Împreună cu latura informativă şi cea constructivă, utilitatea şi expresivitatea reprezintă elementele fundamentale ale funcțiunii arhitecturale.

1.1. Clasificarea construcţiilor

Cea mai uzuală clasificare a construcţiilor are la bază criteriul destinației. Din acest punct de vedere, se deosebesc două mari categorii: clădirile şi construcţiile inginereşti.

Clădirile se pot clasifica după cum urmează:



Construcțiile inginereşti cuprind:

• construcții industriale speciale (coşuri de fum, silozuri, rezervoare, castele de apă, turnuri de răcire);

• construcții hidrotehnice și energetice;

• căi de comunicații (drumuri, căi ferate, poduri, tuneluri, piste, platforme);

• linii de transport energie electrică și fluide tehnologice, construcții, alimentări cu apă și canalizări.

Din punct de vedere al importanței, clădirile se clasifică în funcție de mai mulți factori.

Conform STAS 10100/0-75, construcțiile se clasifică după importanța lor, având în vedere următoarele criterii:

– consecințele depășirii stărilor limită pentru viața și sănătatea oamenilor;

– importanța economică a exploatării continue a construcției și consecințele, directe sau indirecte, ale ieșirii, parțiale sau totale, pe o perioadă de timp mai lungă sau mai scurtă, din exploatare;

– importanța pentru viața spirituală a colectivității a construcției și consecințele depășirii unor stări limită pentru valorile cultural-artistice;

– durata prevăzută pentru exploatare.

În vederea încadrării corecte a construcțiilor în clase de importanță, în standarde sau în alte reglementări tehnice se dă, exemplificativ, tabelul 1.1.

1.2. Sistemul clădire și subansamblul ei

Proiectarea rațională a clădirilor impune apelarea la conceptul de sistem în sensul cel mai larg, considerând o clădire ca un ansamblu de elemente, interconectate printr-o mulțime de relații reciproce, precum și cu mediul înconjurător și care acționează în comun în vederea realizării unei funcții sociale sau de producție.

Tabelul 1.1

Clasa de importanţă	Caracterizare	Observaţii asupra modului de asigurare
I.	*Construcţii de importanţă excepţională* Construcţii a căror avarie are urmări catastrofale. Construcţii a căror exploatare neîntreruptă este indispensabilă.	În afara unor sporuri mai importante de asigurare, prescrise în reglementări tehnice cu caracter general, pot să fi stabilite, de la caz la caz, *criterii speciale de asigurare, pe baza unei justificări corespunzătoare*
II.	*Construcţii de importanţă deosebită* Construcţii a căror avarie are urmări deosebit de grave. Construcţii necesare pentru recuperare în urma unor evenimente catastrofale (construcţii a căror supravieţuire este necesară pentru asigurarea unui minim de măsuri în vederea înlăturării urmărilor unor catastrofe). Construcţii de valoare culturală deosebită.	Pe baza prevederilor unor reglementări tehnice sau pe baza unor justificări corespunzătoare, *se adoptă unele sporuri faţă de asigurarea obişnuită*
III.	*Construcţii de importanţă medie* Clasa cuprinde majoritatea construcţiilor. Construcţiile pentru care nu există indicaţii de încadrare în alte clase se încadrează în această clasă.	Se utilizează valorile de bază ale coeficienţilor în verificarea siguranţei. De regulă, *nu se introduc diferenţieri din punctul de vedere al asigurării necesare*
IV.	*Construcţii de importanţă secundară* Construcţii a căror avariere implică un pericol redus pentru viaţa şi sănătatea oamenilor şi produce pagube materiale reduse.	Pe baza prevederilor unor reglementări tehnice sau pe baza unor justificări corespunzătoare, se adoptă unele sporuri faţă de asigurarea obişnuită
V.	*Construcţii neimportante* Construcţii provizorii de valoare redusă, a căror avariere nu prezintă pericol pentru viaţa şi sănătatea oamenilor, construcţii pentru adăpostirea temporară a animalelor.	Unele criterii de asigurare pot să fie mult mai puţin severe decât în mod curent sau chiar să nu fie luate în considerare

Într-o asemenea viziune, sistemul clădire poate fi descompus în subsisteme pe baza criteriilor de funcțiune.

Un prim nivel ierarhic al descompunerii pentru clădiri civile poate fi:

- spații închise în vederea creării suprafețelor funcționale;
- structura – asigură rezistența și stabilitatea ansamblului;
- anvelopa (închiderea perimetrală);
- delimitări exterioare – porțiuni din sistemul clădire care sunt în contact pe toate fețele cu mediul exterior;
- echipamente: instalații electrice, încălzire, sanitare, ventilație, condiționare, gaze, telecomunicații, electromecanice.

În conformitate cu standardul SR ISO 6241/1998, subsistemele unei clădiri au componența din tabelul 1.2.

Tabelul 1.2

Subsistem	Exemple de componente sau ansambluri de componente
1	2
1. Structura	
1.1. Fundații	Superficiale (talpă, radier etc.) Adânci (puțuri false, piloți, pereți mulați etc.)
1.2. Structură portantă	Stâlp , grindă, panou, dală, pânză subțire, grindă cu zăbrele etc.
2. Anvelopă exterioară	
2.1. Anvelopă subterană	Anvelopă inferioară, laterală și superioară (planșeu pe sol, pereți în subsol, acoperiș subteran etc.) Deschideri (guri de canalizare, puțuri)
2.2. Anvelopă supraterană	Anvelopa inferioară, laterală și superioară (planșeu inferior peste gol exterior, fațadă, acoperiș etc.) Deschideri (uși, ferestre, luminatoare etc.)
3. Compartimentări exterioare anvelopei	
3.1. Compartimentări exterioare anvelopei	Elemente despărțitoare (pereți, balustrade etc.) Deschideri (uși, grilaje etc.)

Tabelul 1.2 (continuare)

1	2
3.2. Compartimentări exterioare orizontale	Planşee (terase, balcoane, streşini etc.) Scări, rampe etc.
4. Compartimentări interioare anvelopei	
4.1. Compartimentări interioare verticale	Elemente despărțitoare (pereți, balustrade, dulapuri în pereți etc.) Deschideri (uşi etc.)
4.2. Compartimentări interioare orizontale	Planşee Deschideri (trape etc.)
4.3. Scări interioare	Scări, rampe etc.
5. Instalații	
5.1. Instalații de distribuție şi de evacuare a apelor	Rețea de distribuție a apei (țevi, robinete, rezervor, pompă dedurizator etc.) Obiecte sanitare (lavoar, spălător, cadă baie, duş, bideu, WC etc.) Rețea de evacuare a apelor pluviale (țevi, rezervoare etc.) Rețea de canalizare (țevi, cămin de vizitare, fosă de tratare a apelor, puțuri îngropate etc.)
5.2. Instalație termică şi de ventilare	Rețea de distribuție a gazului combustibil (țevi, robinete, rezervoare etc.) Rețea de distribuție a lichidelor combustibile (țevi, robinete, rezervoare etc.) Grup energetic (generator, coş etc.) Circuitul apei (țevi, robinete, pompă, vas de expansiune etc.) Circuit de aer (canale, guri, ventilator etc.)
5.3. Instalație de distribuție a gazelor	Rețea de distribuție a aerului comprimat (țevi, aparatură etc.) Rețea de distribuție a gazului (țevi, aparatură etc.)
5.4. Instalație electrică	Rețea de înaltă tensiune (linii etc.) Grup de transformare Rețea de joasă tensiune (conductoare, întrerupătoare, prize, corpuri de iluminat etc.)
5.5. Instalație de telecomunicații	Rețea de interfonie (conductoare, sonerie, aparat pentru deschis uşa, interfon etc.)
5.6. Instalație de transport mecanic şi electromecanic	Rețea de radio-distribuție (conductoare, antenă etc.) Ascensor (aparatură, cabină, cabluri etc.) Scară mecanică şi trotuar rulant (aparatură, trepte etc.)

Tabelul 1.2 (continuare)

1	2
5.7. Instalație de transport pneumatic și prin gravitație	Aparate de ridicat (scripeți etc.) Rețea de evacuare a deșeurilor solide (ghene etc.) Rețea de curățare prin vid (ghene, aparatură etc.) Rețea de transport al lenjeriei (ghene etc.) Rețea de transport pneumatic (ghene, aparatură)
5.8. Instalații de securitate	Protecție contra fulgerului (paratrăznet, conductoare, legare la pământ etc.) Protecție contra incendiilor (conducte, rezervor, alarmă de incendiu, detector de fum etc.) Protecție contra intruziunilor (alarmă de efracție etc.)

1.3. Conceptul de performanță

Conceptul de performanță în construcții constituie o procedură organizată de stabilire a caracteristicilor calitative ale sistemului construcții și a subsistemelor lui.

Elementul primordial al analizei de performanță îl constituie identificarea exigențelor utilizatorilor și asigurarea aptitudinilor funcționale și structurale.

Conceptul de performanță în construcții a apărut în anul 1962, la Congresul al II-lea al C.I.B.

În 1972, la Philadelphia (SUA), s-a organizat un mare simpozion internațional consacrat acestui subiect. În Europa, preocupările pentru introducerea conceptului de performanță în domeniul construcțiilor s-au materializat în publicația editată în Belgia, „Ghidul de performanță ale clădirii" – 9 volume, iar în 1984, ISO elaborează lucrarea „Norme de performanță în clădire. Conținut al normelor pentru evaluarea performanțelor".

În România, introducerea exigențelor, respectiv a criteriilor de performanțe, datează de la sfârșitul anilor 1970, preocupându-se în mod

special IPCT, INCERC, ICCPDC și alte instituții, care au elaborat lucrări și norme tehnice privind exigențele funcționale.

Studiile întocmite ulterior, legate de fundamentarea teoretică a conceptului de performanță, precum și exigențele și practica pe plan internațional, permit a se afirma că acest concept este un instrument pentru promovarea progresului tehnic și a soluțiilor novatoare în construcții.

Aplicarea acestui concept poate fi considerată o revoluție în domeniu, o schimbare profundă a modului tradițional de concepție și proiectare, de realizare și exploatare a clădirilor, deoarece aceasta impune o abordare globală a tuturor problemelor și aspectelor.

Definițiile și conceptele promovate în analiza performanțelor evidențiază nu „ceea ce reprezintă un produs", ci „ceea ce trebuie să ofere acesta".

Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții precizează următoarele exigențe esențiale:

- rezistența și stabilitatea;
- siguranța în exploatare;
- siguranța la foc;
- igienă: sănătatea oamenilor, refacerea și protecția mediului;
- izolarea termică, hidrofugă și economia de energie;
- protecție împotriva zgomotului.

Obligațiile prevăzute în exigențele esențiale revin factorilor implicați în conceperea, realizarea și exploatarea construcțiilor, precum și în post-utilizarea lor.

Performanțele de comportament ale construcțiilor respectă în evoluția lor anumite condiții de calitate specifice destinației acestora.

Standardul SR ISO 6241/1998 clasifică cerințele utilizatorului pe categoriile menționate în tabelul 1.4.

Tabelul 1.3

Performanțe de comportament privind:		
Siguranța	*Confortul*	*Economia*
1. Rezistență 2. Stabilitate 3. Protecție la acțiunea focului	1. Vizual 2. Audiția 3. Igienic 4. Estetic 5. Tactil 6. Antropodinamic	1. Durabilitate 2. Mentenabilitate 3. Flexibilitate 4. Postutilizare

Tabelul 1.4

Categoria	Exemple
1	2
1. Cerințe de stabilitate	Rezistență mecanică la acțiuni statice și dinamice, izolate sau în combinație; Rezistență la șocuri, manevre brutale, abuz de utilizare, acțiuni accidentale; Efecte ale acțiunilor repetate (oboseală).
2. Cerințe de siguranță la foc	Risc de izbucnire și de propagare a unui incendiu; Efectele fiziologice ale fumului și căldurii; Timp de alertare (detectare și sisteme de alertă); Timp de evacuare (căi de evacuare); Timp de supraviețuire (compartimente).
3. Cerințe de siguranță în utilizare	Securitatea la agenți de agresiune (protecție împotriva exploziilor, arsurilor, opririlor bruște, mecanismelor în mișcare, electrocutării, contaminării radioactive, inspirării sau contactului cu produse toxice, infecțiilor); Securitatea circulației (limitarea alunecării pe pardoseli, trecere liberă, prezența balustradelor etc.); Securitatea la intruziuni umane și animale.
4. Cerințe de etanșeitate	Etanșeitate la apă (ploaie, ape din subsol, ape de distribuție, apă uzată etc.); Etanșeitate la aer și la gaze; Etanșeitate la zăpadă și la praf.
5. Cerințe higro-termice	Limitare a temperaturii aerului, a radiației pereților, a vitezei aerului, a umidității relative (variația în spațiu și timp, reglarea); Limitarea condensului.
6. Cerințe de puritate a aerului	Ventilație; Limitarea mirosurilor.

Tabelul 1.4 (continuare)

1	2
7. Cerințe acustice	Limitarea zgomotului exterior și interior (continuu sau intermitent); Inteligibilitate a sunetelor; Durată de reverberație.
8. Cerințe vizuale	Iluminat natural și artificial (iluminare, orbire, contrast și stabilitatea luminanței); Însoleiere; Posibilitate de obturare a luminilor; Aspect al spațiilor și pereților (culoare, textură, regularitate, planeitate, verticalitate, perpendicularitate etc.); Contact vizual în interiorul spațiilor și cu exteriorul (bariere pentru intimitate, absența deformației optice).
9. Cerințe tactile	Rugozitate, uscăciune, căldură de contact, suplețe a suprafețelor; Limitareadescărcărilor de electricitate statică .
10. Cerințe dinamice	Limitare a accelerațiilor și vibrațiilor (tranzitorii și continue); Confort al pietonilor sub efectul vântului ; Confort la deplasări (panta rampelor pietonale, balansul scărilor); Confort al manevrărilor (jocul ușilor, ferestrelor, al comenzilor de la echipamente etc.).
11. Cerințe de igienă	Posibilități de îngrijire corporală și de curățenie; Alimentare cu apă potabilă; Posibilități de realizare a curățeniei; Eliminarea fumului, materialelor și apelor uzate; Limitare a emisiilor de substanțe contaminante.
12. Cerințe de adaptare a spațiilor de utilizare	Număr,dimensiuni, geometrie, subîmpărțire și legături între spații; Echipare a spațiilor; Posibilitate de mobilare, flexibilitate.
13. Cerințe de durabilitate	Menținerea performanțelor pe timpul duratei de viață prevăzute, în condiții de întreținere normală.
14. Cerințe de economie	Cheltuieli de investiție, de funcționare și de întreținere; Cheltuieli de demolare.

Factorii care influențează performanțele unei clădiri sunt prezentați în SR IS- 6241/1998, conform tabelului 1.5.

Tabelul 1.5

Caracter	Origine			
	Externă clădirii		Internă clădirii	
	Din atmosferă	Din sol	Impuși prin ocupare	Consecințe ale proiectării
1	2	3	4	5
1. Agenți mecanici				
1.1. Greutate	Încărcări din zăpadă, din apă de ploaie.	Împingerea pământului, presiunea apei.	Încărcări din exploatare.	Încărcări permanente.
1.2. Forțe și deformații impuse	Presiunea gheții, dilatare termică și higroscopică.	Tasări, alunecări.	Eforturi de manevrare, străpungere.	Contracție, fluaj, forțe și deformații impuse.
1.3. Energie cinetică	Vânt, grindină, șocuri exterioare, furtună de nisip.	Seisme	Șocuri interioare, frecare.	Lovituri de berbec.
1.4. Vibrații și zgomote	Zgomote produse de vânt, de trăsnet, de avioane, de explozii, de trafic, de utilaje.	Vibrații din trafic, ale utilajelor .	Zgomote și vibrații produse de muzică, dansatori, aparate menajere.	Zgomote și vibrații ale clădirii și ale echipamentelor.
2. Agenți electromagnetici				
2.1. Radiații	Radiații solare, radiații radioactive.	Radiații radioactive.	Lămpi, radiații radioactive.	Perete radiant.
2.2. Electricitate	Trăsnet	Curenți vagabonzi.	–	Electricitate statică, curenți de distribuție.
2.3. Magnetism	–	–	Câmpuri magnetice.	Câmpuri magnetice.
3. Agenți termici	Căldură, îngheț, șoc termic	Căldura solului, îngheț	Căldura emisă de ocupanți, fumat	Încălzire etc.
4. Agenți chimici				
4.1. Apă și solvenți	Umiditatea aerului. condens. precipitații.	Apă de suprafață, ape subterane.	Proiecții de apă, condensări, detergenți, alcool.	Ape de distribuție. ape uzate, infiltrații.

Tabelul 1.5 (continuare)

1	2	3	4	5
4.2. Agenți oxidanți	Oxigen, ozon, oxizi de azot.	Potențiale electrochimice pozitive. Sulfuri	Apă de javel, apă oxigenată.	Potențiale electrochimice pozitive.
4.3. Agenți reducători			Agenți combustibili, amoniac.	Agenți combustibili, potențiale electrochimice negative.
4.4. Acizi	Acid carbonic, dejecții de la păsări, acid sulfuric	Acid carbonic Acizi humici	Oțet, acid citric, acid carbonic.	Acid sulfuric, acid carbonic.
4.5. Baze	–	Var	Hidroxid de sodiu, hidroxid de potasiu, hidroxid de amoniu. Clorură de sodiu.	Hidroxid de sodiu, ciment.
4.6. Săruri	Ceață salină	Nitrați, fosfați, cloruri, sulfați.	Grăsimi, uleiuri, cerneluri, prafuri neutre.	Clorură de calciu, sulfați, ipsos, Grăsimi, uleiuri, pulberi neutre.
4.7. Materiale neutre din punct de vedere chimic	Pulberi neutre	Calcar, silice.		

Prin urmare, etapele analizei conceptului de performanță în construcții sunt:

– identificarea exigențelor utilizatorului;

– analiza conceptului de performanță prin trecerea de la exigențele utilizatorului la exigențele de performanță asociate clădirii și diferitelor ei subsisteme;

– stabilirea criteriilor de apreciere a gradului de satisfacere a fiecărei exigențe de performanță, numite „criterii de performanță". Valoarea minimă sau maximă admisibilă a acestora definește „performanța normată".

1.4. Siguranţa construcţiilor

Înţelegerea intuitivă a noţiunii de siguranţă a apărut din cele mai vechi timpuri. În antichitate şi în perioada evului mediu, siguranţa structurilor se obţinea exclusiv prin experienţa, intuiţia şi arta constructorilor.

Elemente fundamentale ştiinţifice au apărut abia în ultimele trei secole.

Prima definiţie dată conceptului de siguranţă, ca raport dintre încărcarea la rupere şi încărcarea efectivă (admisă), aparţine lui Rankine (1862). Valorile mari ale coeficientului de siguranţă indicate de Rankine (2-10) corespund nivelului scăzut al cunoştinţelor din acea vreme privind evaluarea încărcărilor şi estimarea rezistenţelor materialelor.

Istoria modului de considerare a variabilităţii factorilor principali ai siguranţei conturează însăşi evoluţia conceptului şi a coeficientului de siguranţă, ca şi metodele de calcul.

Astfel, metodele abordate pot fi:

1. Metode deterministe din categoria cărora fac parte: metoda rezistenţelor admisibile şi metoda la rupere a capacităţii portante. Aceste metode nu au o justificare ştiinţifică, iar valorile coeficientului de siguranţă sunt stabilite empiric, prin apreciere, pe bază de tradiţii şi experienţă, acoperind parţial variabilitatea factorilor principali de care depinde siguranţa;

2. Metoda semiprobabilistică a stărilor limită, care este superioară metodei deterministe şi are la bază analiza stării în care o construcţie sau un element de construcţie îşi pierde capacitatea portantă odată cu atingerea stării limită;

3. Metode probabilistice de calcul, bazate pe teoria probabilităţilor de menţinere a aptitudinii unei clădiri, în vederea satisfacerii funcţiunii sale pe toată durata de serviciu.

Trăsăturile esențiale ale metodei stărilor limită sunt:

• se consideră sistematic diferite stări limită posibile pentru o construcție dată;

• se consideră în mod independent variabilitatea diferiților factori care afectează siguranța construcțiilor, stabilindu-se, în consecință, datele cantitative care determină nivelul de asigurare a construcției.

Se înțelege prin stare limită o stare a cărei atingere implică:

• pierderea reversibilă sau ireversibilă a capacității unei construcții de a satisface condițiile de exploatare legate de destinația stabilită, sau

• apariția unor pericole pentru viața sau sănătatea oamenilor, respectiv pentru bunuri materiale sau culturale a căror conservare depinde de construcția respectivă.

Stările limită se împart în două categorii:

– stări limită ultime (stări limită care corespund epuizării capacității portante sau unei alte pierderi ireversibile a calităților necesare exploatării construcțiilor);

– stări limită ale exploatării normale (stări limită care corespund întreruperii capacității de asigurare a exploatării normale a construcțiilor).

Principalele fenomene care pot conduce la apariția stărilor limită din prima categorie sunt:

• ruperi de diferite naturi;

• pierderea stabilității unei părți a construcției sau a construcției în ansamblu;

• pierderea stabilității poziției (prin lunecare, răsturnare);

• stări care implică scoaterea din lucru a construcției din cauza unor deformații sau fisuri remanente excesive.

Principalele fenomene care pot conduce la apariția stărilor limită din a doua categorie sunt:

• deplasări statice sau dinamice excesive;

• fisuri excesive.

În analiza stărilor limită este necesar a se considera toate fenomenele care conduc la apariția acestor stări individuale sau în combinație.

În calcule se utilizează diferiți parametri (intensități, amplitudini, frecvență etc.) pentru acțiuni; rezistențe, module de elasticitate etc., ale căror valori pot fi normate sau de calcul.

Valorile de calcul sunt valori de referință stabilite după reguli precizate în STAS 10100/0-75 și în alte standarde și normative de specialitate.

Valorile de calcul sunt valori utilizate în diferitele verificări și iau în considerare abaterile posibile în sens defavorabil față de valorile caracteristice.

Verificarea siguranței construcțiilor în raport cu diferitele stări limită trebuie să se efectueze avându-se în vedere:

• o ipoteză realistă asupra creșterii intensității acțiunilor până la intensitatea corespunzătoare stărilor limită pentru schemele de încărcare considerate;

• specificul de comportare a structurii în stadiul considerat.

Probabilitatea de avariere a unei structuri rezultă din compararea distribuției acțiunilor cu distribuția caracteristicilor structurale. Schema principiului de verificare a capacității portante este ilustrată în figura 1.1, ipoteza distribuției normale Gauss. În figura 1.1,*a* se poate observa că solicitarea maximă este mai mică decât capacitatea portantă minimă, în timp ce în figura 1.1,*b* capacitatea portantă minimă este mai mică decât solicitarea maximă, având loc ruperea, cedarea sau prăbușirea structurii.

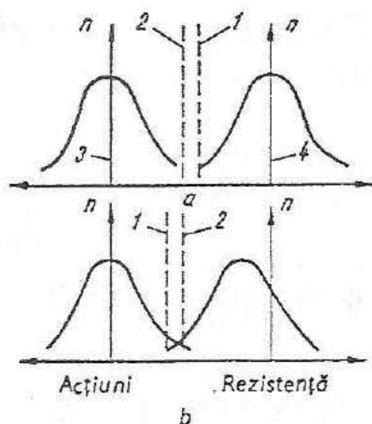


Fig. 1.1. Schema principiului de verificare a capacităţii portante: *a* – solicitarea maximă < capacitatea portantă minimă; *b* – solicitarea maximă > capacitatea portantă minimă; *1* – capacitatea portantă minimă; 2 – solicitarea maximă; *3* – solicitarea normală; *4* – capacitatea portantă normată; *n* – densitatea de probabilitate.

Zonele de suprapunere a celor două funcţii de frecvenţă pentru încărcări $f_S(x)$ şi pentru rezistenţele $f_R(x)$ indică probabilitatea de avariere (accident, rupere). Notând coordonatele punctului de intersecţie a celor două distribuţii cu S şi R, se pot defini următoarele probabilităţi:

– probabilitatea de pierdere a capacităţii portante, de avariere, accident sau de rupere (prăbuşire sau colaps) P_r, cuprinsă între $P(S>R)$ şi $P(R \leq S)$;

– probabilitatea de comportare sigură a structurii faţă de variaţiile aleatorii ale încărcării şi rezistenţei, cuprinsă în domeniul probabilităţilor $P(S>R)$ şi $P(R \leq S)$ sau reliabilitatea L, care este o măsură a siguranţei.

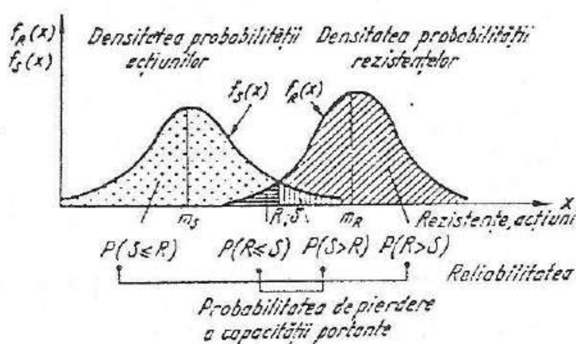


Fig. 1.2. Model probabilistic pentru *R* şi *S*.

Deoarece masa de probabilitate distribuită pe întreaga arie, limitată de curba de distribuţie şi axa absciselor este egală cu unitatea, atunci:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\,dx = 1$$

rezultă că probabilitatea de pierdere a capacității portante este egală cu unitatea, minus reliabilitatea:

$$P_r = 1 - L$$

adică, față de densitatea probabilității acțiunilor, rezultă:

$$P(S > R) = 1 - P\,(S \leq R)$$

și, față de densitatea probabilității rezistențelor, rezultă:

$$P(R \leq S) = 1 - P\,(R > S)$$

O exprimare mai sugestivă se poate obține cu ajutorul modelului probabilistic condensat $R - S$ (rezistența minus efectul acțiunii), în care :

– probabilitatea de avariere reprezintă aria de sub funcția $f(R\text{-}S)$ de la $-\infty$ la zero, definită prin:

$$P_r = P(R - S \leq 0)$$

– reliabilitatea reprezintă aria de sub funcția $f(R\text{-}S)$, de la zero la $+\infty$ și care este definită astfel:

$$L = 1 - P_r = P(R - S > 0).$$

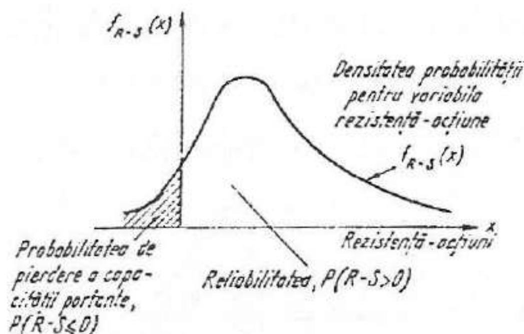


Fig. 1.3. Model probabilistic condensat $R - S$.

Utilizând ca variabilă aleatorie raportul rezistență - efect acțiune R/S se obțin expresii mai semnificative:

– probabilitatea de pierdere a capacității portante:

$$P_r = P(R/S \leq 1)$$

– reliabilitatea:

$$L = 1 - P_r = P(R/S - 1)$$

La construcțiile de importanță redusă, unele criterii de reliabilitate pentru diferite comportări mecanice (fisurare, rigiditate, deformații etc.) pot fi mai puțin severe decât în mod obișnuit, motivat de faptul că avarierea acestora nu conduce la pierderi materiale și umane. În evaluarea probabilității de pierdere a stabilității, a capacității portante, se pot considera intensitățile acțiunilor și rezistențelor ca variabile aleatorii independente pentru o structură sau elemente componente ale acesteia. Probabilitatea ca un element de rezistență R să fie acționat de o încărcare mai mare decât S corespunde zonei de suprapunere $P(R \leq S)$ și $P(S > R)$ (fig. 1.2), și se poate exprima astfel:

$$[1 - F_s(x)]f_R(x)\mathrm{d}x$$

unde $F_s(x)$ și $F_R(x)$ sunt funcții de distribuție.

Pentru $x = S$ sau R,

$$F_s(x) = \int_{-\infty}^{x=S} f_s(x)\mathrm{d}x \ ; \quad F_R(x) = \int_{-\infty}^{x=R} f_R(x)\mathrm{d}x$$

Probabilitatea ca acțiunea să fie mai mare decât o valoare dată S se poate exprima astfel:

$$P(x>S) = \int_{x=S}^{+\infty} f_s(d)\mathrm{d}x = 1 - \int_{-\infty}^{x=S} f_s(x)\mathrm{d}x = 1 - F_s(x),$$

iar probabilitatea ca rezistența să aibă o valoare dată $x = R$ este:

$$f_R(x)\ \mathrm{d}x$$

Astfel, probabilitatea de avariere a unei clădiri se poate exprima:

$$P_r = P(S > R) = \int_0^{-\infty} [1 - F_s(x)] \cdot f_R(x)\mathrm{d}x,$$

integrala fiind extinsă, numai pentru valori pozitive ale rezistențelor. În mod similar se poate evalua probabilitatea de avariere sub forma $P(R \leq S)$:

$$P_r = P(R \leq S) = \int_0^{+\infty} F_R(x) \cdot f_s(x)\mathrm{d}x$$

Expresia evaluează aria din zona de suprapunere a densității probabilității acțiunilor și rezistențelor (capacităților portante) și se numește integrală de convoluție, soluția obținându-se prin metode grafice sau analitice. În cazul aplicării repetate a încărcărilor, probabilitatea ca structura să reziste se măsoară în funcția de risc a pierderii capacității portante $h(n)$. Probabilitatea comportării sigure, adică a reliabilității, scade când n crește. În realitate, ruperea unui element poate avea loc după mai multe moduri de rupere sau de cedare l (încovoiere, forfecare, torsiune etc.), considerate independente și pentru o singură acțiune aleatorie S acționând singular sau cu grad de repetabilitate n.

Probabilitatea de avariere se poate exprima astfel:

$$P_r(l) = lP \quad \text{și} \quad P(l,n) = l.n.P_r$$

și reliabilitatea: $L(l) = 1 - lP_r$; $\quad L(l,n) = 1 - l \cdot n.P_r$

Pentru coeficientul de siguranță există mai multe formulări practice bazate pe interpretare probabilistică (Freudenthal, Cronell, Gauss).

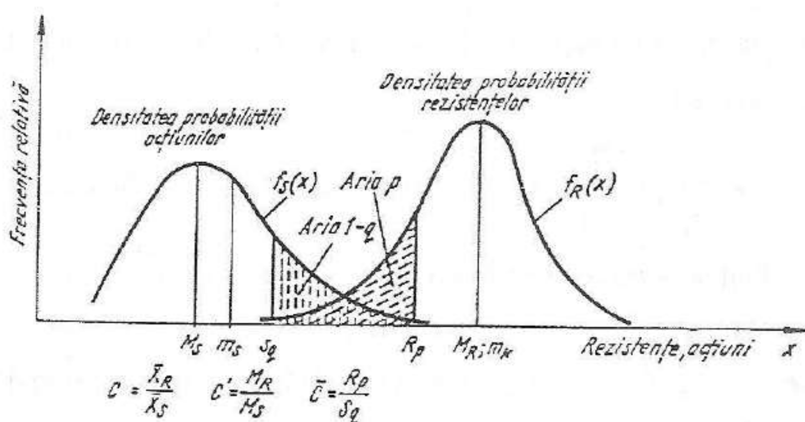


Fig. 1.4. Definirea coeficientului de siguranță.

2.

ACȚIUNI ÎN CONSTRUCȚII

2.1. Elemente generale

Potrivit definiției date de Organizația Internațională de Standardizare (I.S.O.), prin acțiune se înțelege orice cauză capabilă de a genera stări de solicitare mecanică într-o construcție. Acțiunile se pot manifesta sub forma sistemelor de forțe, a tasării reazemelor, a contracției și curgerii lente, a umidității, a precomprimării, a fenomenelor de interacțiune dintre construcție și mediul ambiant, climatic. Clasificarea acțiunilor, conform normelor în vigoare, STAS 10101/0-75 și 10101/0A/77, are în vedere alcătuirea unor grupări raționale de acțiuni pentru calculul structurilor.

2.2. Clasificarea acțiunilor

Acțiunile se clasifică după criteriul frecvenței cu care sunt întâlnire în anumite intensități: acțiuni permanente; acțiuni temporare; acțiuni excepționale.

2.2.1. Acțiuni permanente

Acțiuni permanente se consideră:

• greutatea elementelor permanente ale construcțiilor (greutatea elementelor structurale, închideri, pardoseli, tencuieli etc.);

- greutatea și presiunea pământului (ziduri de sprijin);
- efectul precomprimării.

Evaluarea încărcărilor permanente pentru un element de construcție se face prin însumarea greutății componentelor ce alcătuiesc acel element: greutatea fiecărui component este produsul dintre greutatea tehnică (specifică) a materialului din care acesta este alcătuit și volumul său.

Când exprimarea este pe unitatea de suprafață, încărcările permanente se calculează cu expresia:

$$q = \sum d_i \gamma_i$$

în care: d_i este grosimea, dimensiunea stratului component;

γ_i – greutatea tehnică a materialului.

Evaluarea încărcărilor permanente este afectată de incertitudini în ceea ce privește caracteristicile geometrice stabilite prin proiect și greutățile specifice ale materialelor. Ca urmare, încărcarea permanentă pe unitatea de suprafață poate fi modelată ca o variabilă Q, în funcție de variabilele aleatorii independente D (dimensiunea) și Γ (greutatea specifică).

Considerând pentru cele două componente aleatorii independente distribuții de tip normal, și notând cu: m_d – mediile; m_γ – mediile; V_d – coeficient de variație; V_γ – coeficient de variație, variabila aleatorie funcția Q este distribuită de asemenea normal și poate fi definită prin media:

$$m_q = m_d\, m_\gamma$$

și prin coeficientul de variație:

$$V = \sqrt{V_d + V_\gamma^2}$$

Valoarea fractilă se exprimă prin:

$$q_p = m_q + K\,\sigma_q = m_q\,(1 + KV_q)$$

Analiza datelor statistice pune în evidență variații mici ale coeficienților de variație ai încărcărilor permanente. De exemplu, pentru beton, coeficientul

de variație V_q nu depășește 7-8 %, la elemente metalice, 1-2%, la alte materiale, pardoseli, șape etc., coeficientul variază între 10 și 15%.

În practica actuală, în România, *încărcările permanente* se consideră ca fiind de *natură nealeatorie* și se exprimă prin valori deterministe (încărcări normate corespunzătoare valorilor medii) .

Efectele defavorabile datorate abaterilor de la valorile medii sunt acoperite în concepția prescripțiilor actuale prin coeficienții încărcării, care au valori între 1,1 și 1,3, în funcție de caracteristicile materialului și de variabilitățile dimensionale.

2.2.2. *Acțiuni temporare*

Acțiunile temporare pot fi cvasipermanente și variabile.

Acțiunile temporare sunt:

- greutatea unor elemente de construcție a căror poziție se poate modifica în timpul exploatării (exemplu: pereți despărțitori, autoportanți);
- greutatea unor elemente specific exploatării construcțiilor;
- presiunea hidrostatică a apei;
- încărcări pe planșee în zonele de depozitare;
- încărcări dinamice;
- încărcări datorate variațiilor de temperatură;
- deplasări neuniforme ale terenului de fundare;
- împingerea pământului datorată încărcării terenului cu materiale depozitate;
- încărcări pe planșeele clădirilor datorate greutății oamenilor, mobilei, utilajelor ușoare;
- încărcări datorate mijloacelor de ridicare și transport în timpul reparațiilor;

- încărcări datorate utilajelor la punerea în funcțiune în regim tranzitoriu;
- încărcări apărute în timpul transportului, a montajului elementelor de construcții în timpul execuției, greutățile elementelor incomplet montate;
- încărcări datorate zăpezii, vântului, chiciurii;
- variația de temperatură climatică;
- presiunea dinamică a gheții, acțiunea statică a gheții;
- încărcări datorate valurilor produse de vânt.

Valorile normate sunt prezentate în STAS 10101/2/1975.

Valorile de calcul se obțin prin afectarea valorilor normate cu coeficienții aferenți. Drept urmare, valorile de calcul obținute pot să aibă următoarele specificații:

- valori rar întâlnite;
- valori frecvent întâlnite;
- valori de scurtă durată;
- valori de lungă durată;
- valori cvasipermanente.

2.2.3. Acțiuni excepționale

Acțiunile excepționale sunt:

- încărcarea seismică;
- încărcări datorate defectelor utilajelor și deficienței accidentale apărute în procesele tehnologice;
- încărcări datorate ruperii unor elemente de construcții;
- încărcări cu caracter de șoc datorate ciocnirii autovehiculelor de elementele de construcții sau explozii;
- încărcări datorate deplasărilor de reazeme provenite dintr-o schimbare radicală a structurii terenului;

– încărcări datorate vântului în regim de rezonanță;

– încărcări datorate inundațiilor catastrofale;

– încărcării datorate zăpezii pentru cazuri $C_z > 3$.

2.2.4. *Acțiuni datorate procesului de exploatare*

Încărcările utile sunt considerate, uneori, ca încărcări concentrate, iar în anumite cazuri, uniform distribuite pe unitatea de lungime, acționând vertical sau orizontal (calculul balustradelor).

O modelare corectă a încărcărilor utile se obține prin reprezentarea lor ca procese aleatorii (proces Poisson în unde dreptunghiulare sau procese Poisson în unde filtrate). Pornind de la o asemenea modulare, încărcarea utilă se poate separa, într-o ipoteză simplificatoare, în două componente:

– componentă temporară de lungă durată, corespunzătoare destinației construcției în condiții normale de exploatare;

– componentă extraordinară, reprezentând un eveniment neobișnuit corespunzător încărcării; această componentă acționează pe o perioadă foarte scurtă – eventual câteva ore (de exemplu, mobilier concentrat pe o suprafață limitată în timpul lucrărilor de reparații, renovare imobil).

A doua componentă este exagerată din punct de vedere al siguranței structurale și, de aceea, în calculele inginerești este considerată prima componentă.

Încărcarea utilă maximă pe durata de viață a unei construcții se poate obține prin însumarea a două tipuri de încărcări în una din următoarele două ipoteze:

• încărcarea de lungă durată maximă se suprapune cu cea mai mare dintre valorile componente extraordinare corespunzătoare perioadei de exer-

citare a acelei încărcări de durată sau, încărcarea extraordinară maximă posibilă pe durata de viață a construcției se suprapune cu valoarea componentei de lungă durată, corespunzătoare perioadei de exercitare a acelei încărcări extraordinare;

• valorile maxime ale acelor două componente pe durata de viață a construcției se consideră simultan.

A .doua ipoteză pare a fi exagerată în calcule, fapt pentru care este utilizată prima ipoteză.

Pentru simplificare, încărcarea totală Q se exprimă ca o variabilă independentă Q_s și Q_a, reprezentând cele două tipuri de încărcări specificate.

Această variabilă Q aleatorie este definită prin densitatea de probabilitate f_a (q) sau prin funcția de repartiție F_Q (q) . Rezultatele statistice pun în evidență necesitatea reducerii acestor valori.

În STAS 10101 - 2A1 - 78 această reducere se aplică grinzilor principale, elementelor portante verticale și fundațiilor.

a) Pentru calculul grinzilor principale, în funcție de mărimea suprafeței aferente, coeficienții de reducere sunt:

– pentru locuințe, birouri, spălătorii, anexe sociale etc.

$$\alpha_1 = 0{,}3 + \frac{3}{\sqrt{A}}, \quad \text{unde } A > 18 \text{ m}^2;$$

– pentru săli cu aglomerări mai mari, săli comerciale de magazine, săli de spectacole, muzee etc.:

$$\alpha_2 = 0{,}5 + \frac{3}{\sqrt{A}}, \quad \text{unde } A > 36 \text{ m}^2.$$

b) Pentru calculul elementelor portante verticale și al fundațiilor prin intermediul coeficienților η_1 și η_2, care au la bază criteriul numă-

rului de nivele de deasupra elementului proiectat, reducerea se aplică astfel:

– pentru locuințe, blocuri, spălătorii, anexe sociale etc.:

$$\eta_1 = 0,3 + \frac{0,6}{\sqrt{m}}$$

unde: m este numărul de planşee considerate deasupra secțiunii calculate;

– pentru săli cu aglomerări mai mari, săli comerciale de magazine, săli de spectacole, muzee etc.:

$$\eta = 0,6 + \frac{0,6}{m},$$

indiferent de mărimea ariei.

Încărcările se iau în considerare cu intensitățile de calcul care se determină prin înmulțirea intensităților normate cu coeficienții încărcărilor.

2.3. Acțiunea vântului

Acțiunea vântului, care este produs al încălzirii neuniforme de către Soare a suprafeței terestre, este inițiată de diferențele de presiune ce se creează între puncte de aceeaşi altitudine, diferențe ce apar în timp şi spațiu .

Masa şi viteza aerului aflat în mişcare posedă energie cinetică; în contact cu diverse obstacole de pe suprafață, aceasta se transformă integral sau parțial în energie potențială. Suprafața pământului exercită asupra maselor de aer o forță de frânare, forță care reduce viteza de deplasare a aerului. Efectul acestei forțe asupra curentului de aer descreşte cu înălțimea şi devine neglijabil la o înălțime H_G numită înălțime de gradient.

Peste această înălțime deplasarea se efectuează cu o viteză constantă V_G, numită viteză de gradient.

Zona cuprinsă de la suprafața solului până la înălțimea H_c constituie stratul limită atmosferic. Înălțimea acestuia variază în funcție de intensitatea vântului și de rugozitatea terenului. Atunci când vântul acționează în rafale, viteza acestuia este fluctuantă.

Regimul de turbulență este caracterizat prin:

- I_z – intensitatea turbulenței la înălțimea z de la sol;
- $\tau_{v'i}$ – abaterea medie pătratică a vitezei fluctuante a vântului;
- $\overline{V}_z$ – viteza medie a vântului la înălțimea z;

$$I_z = \frac{\tau_{v'i}}{\overline{V}_z}$$

Viteza vântului se măsoară cu anemometrele, de obicei în regim plan, extravilan, în zone lipsite de obstacole, la o înălțime de 10 m.

Pentru construcții cu caracter deosebit (clădiri înalte, turnuri etc.) se recomandă efectuarea de înregistrări chiar pe amplasamentul construcției respective.

Pentru zone cu rugozitate diferită, literatura de specialitate menționează diagramele de variație a vitezei medii cu înălțimea, date de Davenport, corespunzător unui interval de timp de 60 min:

$$\overline{V}_z = \overline{V}_{10}\left(\frac{z}{10}\right)^{\alpha} \geq \overline{V}_{10},$$

unde $\alpha = 0,14$;

– pentru zone suburbane și urbane, zone împădurite, centre ale orașelor mari:

$$\overline{V}_z = \overline{V}_{10}\left[0.7\left(\frac{z}{12.7}\right)^{\alpha}\right] \geq 0,7 \cdot \overline{V}_{10}.$$

unde: $\alpha = 0,25$.

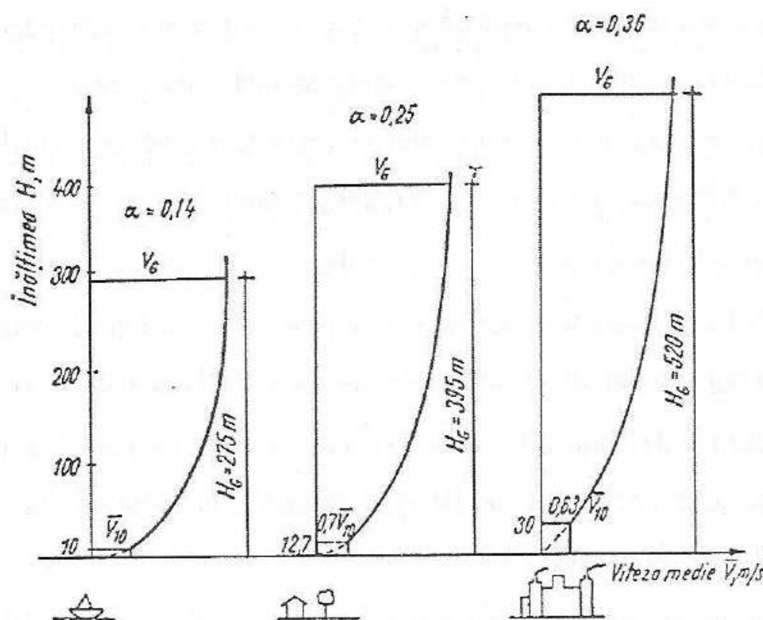


Fig. 2.1. Diagramele de variație a vitezei medii a vântului cu înălțimea, pentru zone cu rugozități diferite (după Davenport).

– pentru zone centrale în orașe mari, cu concentrări de clădiri înalte (cel puțin 50% din numărul lor cu regim de înălțime de peste P + 4):

$$\overline{V}_z = \overline{V}_{10}\left[0,63\left(\frac{z}{30}\right)^{\alpha}\right] \geq 0,63\ \overline{V}_{10} \quad \text{unde } \alpha = 0,36.$$

Viteza medie a vântului este o mărime aleatorie. Pentru proiectarea structurilor de rezistență, valoarea caracteristică normată se determină prin analize statistice. Prescripțiile din diferite țări adoptă perioada de revenire între 10 și 50 ani. Standardul românesc consideră perioada de revenire $\overline{T}_{vp}$ = 50 ani.

Încărcările date de vânt se evaluează conform codului NP-082-04. Acțiunea vântului se manifestă prin forțe exterioare, distribuite, orientate în mod preponderent normal pe suprafața expusă, dar având și componente tangențiale importante.

Din punct de vedere al efectului asupra construcțiilor, acțiunea vântului se consideră ca o sumă a două componente: statică și fluctuantă.

Acțiunea statică a vântului corespunde vitezei medii pe o perioadă de timp de referință de 2 min (mai mare decât perioada proprie a construcției).

Acțiunea fluctuantă se manifestă prin:

• fluctuații ale presiunii dinamice, care conduc la oscilații ale construcției, a căror direcție predominantă este apropiată de direcția medie a aerului;

• apariția de forțe alternante normale pe direcția medie a scurgerii aerului, degajări alternative de vârtejuri în jurul obstacolelor – fenomenul este specific construcțiilor cilindrice;

• generarea de oscilații autoîntreținute. La acest mod de manifestare se verifică structurile care au avut deplasări mari datorate acțiunii vântului .

În determinarea efectelor fluctuante ale vântului, construcțiile se clasifică în trei tipuri, în funcție de sensibilitate:

• C_1 – construcții curente puțin sensibile;

• C_2 – construcții curente sensibile (de exemplu, stâlpii liniilor electrice, coșuri de fum), structuri de clădiri civile înalte, industriale care depășesc 40 m înălțime, sau au perioadă proprie mai mare de 1 s, alte structuri sau părți ușoare de închidere, flexibile, cu posibile tendințe de amplificare a oscilațiilor;

• C_3 – construcții care ridică probleme speciale (turnuri de televiziune, antene, coșuri de fum cu înălțimi mai mari de 150 m).

Codul NP – 082 – 04 se referă la structuri și construcții curente (cu înălțimi și deschideri sub 200 m) și la elementele lor componente. Proiectarea structurilor și a construcțiilor speciale ca tip și complexitate și a podurilor suspendate nu este decât în parte acoperită de prevederile prezentului cod. Pentru proiectarea la vânt a structurilor cu un grad ridicat

de risc în caz de accident este necesară luarea unor măsuri de siguranță suplimentare celor din prezentul cod.

Efectele vântului asupra construcțiilor și structurilor depind de proprietățile vântului (viteza medie, caracteristicile turbulenței etc.), de forma, dimensiunile și orientarea construcției (structurii) față de direcția vântului, de proprietățile dinamice ale structurii, de amplasamentul structurii, de amplasamentul structurii în mediul natural și construit învecinat etc.

Acțiunea vântului este evaluată fie în funcție de presiunea vântului, fie de forțele produse de vânt pe construcții și structuri.

Răspunsul total pe direcția vântului din cauza turbulenței poate fi considerat suma dintre o componentă care acționează cvasistatic și o componentă rezonantă fluctuantă provocată de acele fluctuații ale excitației având frecvența în vecinătatea frecvențelor proprii ale structurii. Pentru majoritatea structurilor având frecvența fundamentală sub 1 Hz, componenta rezonantă este neglijabilă și răspunsul la vânt poate fi simplificat considerat static. Pentru majoritatea structurilor cu răspuns dinamic la vânt, ponderea componentei rezonante corespunzând frecvenței fundamentale a structurii este, de obicei, dominantă față de ponderile celorlalte componente ce corespund frecvențelor modurilor superioare de vibrație.

Presiunea vântului la înălțimea z deasupra terenului, pe suprafețe rigide exterioare sau interioare ale structurii, se determină cu relația:

$$W(z) = q_{ref} \times C_e(z) \times C_p$$

în care: q_{ref} este presiunea de referință a vântului (cap. 6):

$$q_{ref} = \frac{1}{2} \times \rho \times U_{ref}^2$$

ρ – densitatea aerului, ce variază în funcție de altitudine, temperatură, latitudine și anotimp (aer standard: $\rho = 1{,}25\ \text{kg}/\text{m}^3$).

$q_{ref}\,[\mathrm{Pa}] = 0{,}612 U_{ref}^{\ 2}\,[\mathrm{m/s}] = 0{,}612 \cdot 29^2 = 514{,}69\,\mathrm{kPa} = 0{,}5\,\mathrm{kN/m^2}$;

$U_{ref} = 29\,\mathrm{m/s}$ (constantă) – viteza caracteristică a vântului având

$T = 50$ ani (interval mediu de recurență) (vezi tabelul din Anexa A).

$C_e(z)$ – factor de expunere la înălțimea z deasupra terenului (cap. 11):

$$C_e(z) = C_g(z) \cdot C_r(z)$$

unde: $C_g(z)$ este factor de rafală;

$C_r(z)$ – factor de rugozitate.

În funcție de înălțimea structurii deasupra terenului, factorul de expunere este reprezentat în figura 5 din cod pentru diferite categorii de teren (rugozitate): zone urbane dens construite, zone urbane cu densitate redusă de construcții, câmp deschis și mare.

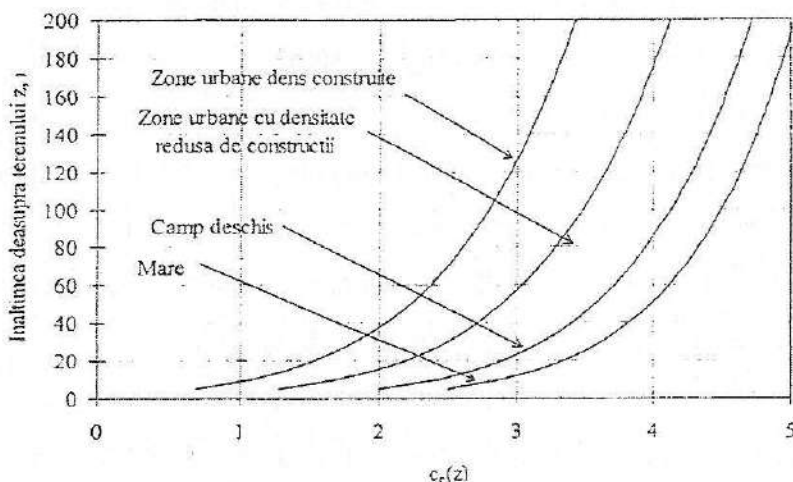


Fig. 2.2. Factorul de expunere.

Factorul de expunere se determină prin interpolare sau direct prin calculul celor doi factori (de rafală și de rugozitate) conform cap. 10 și 8 din cod.

C_p – coeficient aerodinamic de presiune (C_{pe} pentru suprafețe exterioare și C_{pi} pentru suprafețe interioare) – cap.12

A – aria expusă = acea arie a structurii prin care se transmite acțiunea vântului în secțiunea care este de calculat.

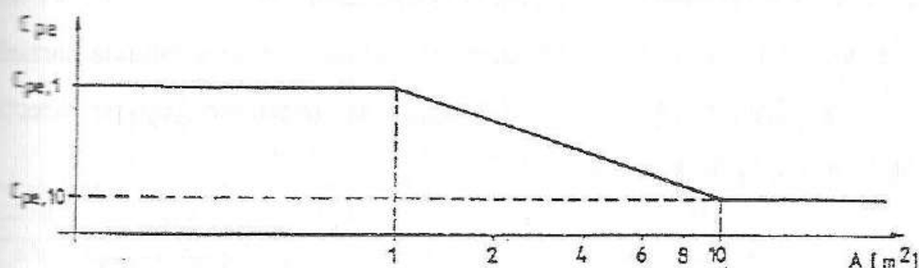


Fig. 2.3. Variația coeficientului de presiune cu dimensiunile ariei expuse vântului A.

$$C_{pe} = C_{pe,1} \Rightarrow A \leq 1\,\text{m}^2;$$

$$C_{pe} = C_{pe,1} + \left(C_{pe,10} - C_{pe,1}\right)\log_{10} A \Rightarrow 1\,\text{m}^2 \leq A \leq 10\,\text{m}^2;$$

$$C_{pe} = C_{pe,10} \Rightarrow A \geq 10\,\text{m}^2.$$

Valorile $C_{pe,10}$ și $C_{pe,1}$ din tabelele 6 – 11 din codul de proiectare sunt date pentru direcțiile ortogonale ale vântului de 0°, 90° și 180°, dar reprezintă cele mai mari valori obținute într-o marjă direcțională a vântului de ± 45° față de direcția ortogonală relevantă a vântului.

Pereți verticali ai clădirilor cu formă dreptunghiulară în plan. Înălțimea de referință pentru zidurile verticale ale clădirilor rectangulare în plan depinde de raportul h/b pentru următoarele trei cazuri:

1. Pentru clădirile la care înălțimea h este mai mică decât b se va considera o singură zonă.

2. Pentru clădirile la care înălțimea h este mai mare decât b, dar mai mică decât $2b$, se vor considera două zone: o zonă inferioară, extinzându-se de la nivelul terenului până la o înălțime egală cu b, și o zonă superioară.

3. Pentru clădiri la care înălțimea h este mai mare decât $2b$, se vor considera mai multe zone, astfel: o zonă inferioară extinzându-se de la nivelul

terenului până la o înălţime egală cu b; o zonă superioară extinzându-se în jos de la vârful clădirii pe o lungime b; o zonă de mijloc, între zonele precedente, divizată în benzi orizontale cu o lăţime de maximum b.

Pentru cele trei cazuri, s-au utilizat notaţiile: d – dimensiunea paralelă cu direcţia vântului; b – dimensiunea laturii perpendiculare pe direcţia vântului; h – înălţimea clădirii.

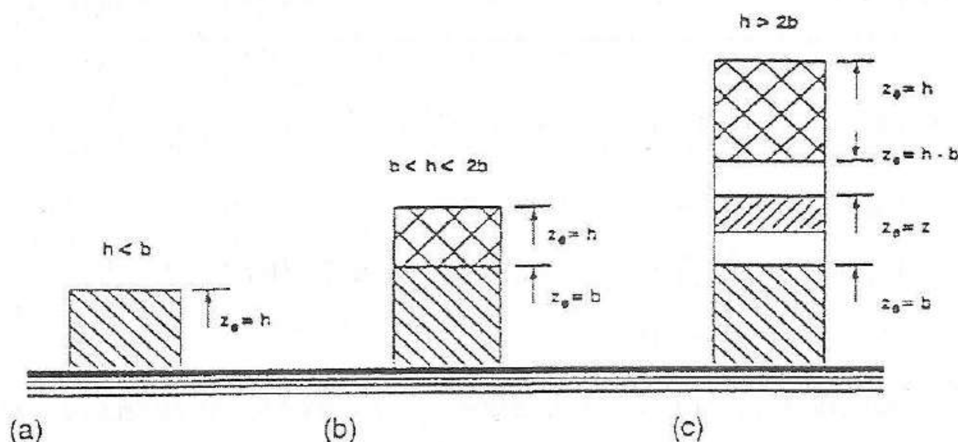


Fig. 2.4. Înălţimea de referinţă în funcţie de h şi b (b – dimensiunea laturii perpendiculare pe direcţia vântului).

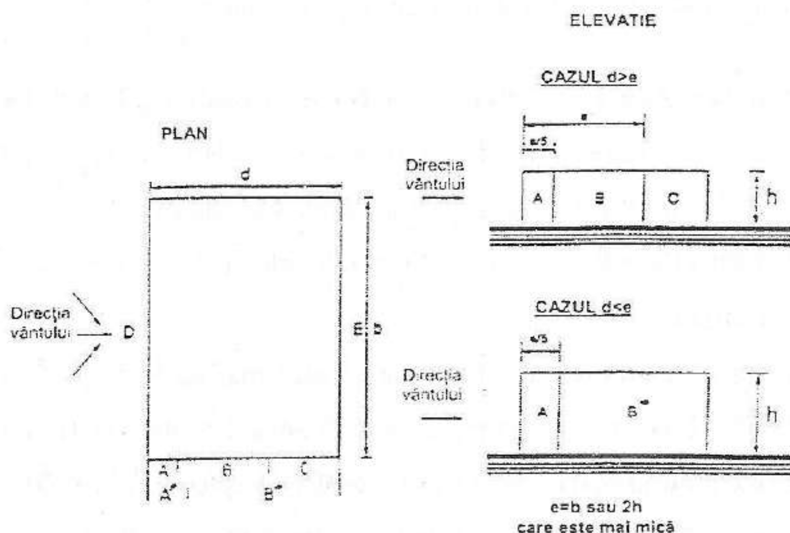


Fig. 2.5. Notaţii pentru pereţii verticali

Coeficienții presiunii $C_{pe,10}$ și $C_{pe,1}$ pentru zonele A, B, C, D, E definiți în figură sunt dați în tabelul 6 din codul de proiectare, în funcție de raportul d/h. Valorile intermediare pot fi obținute prin interpolare liniară.

Tabelul 2.1

Coeficienții de presiune pentru pereții verticali ai clădirilor cu formă dreptunghiulară în plan

Zona	A		B, B*		C		D		E	
d/h	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
≤1	-1.0	-1.3	-0.8	-1.0	-0.5		+0.8	+1.0	-0.3	
≥4	-1.0	-1.3	-0.8	-1.0	-0.5		+0.6	+1.0	-0.3	

Acoperișuri plate. Acoperișurile vor fi considerate plate dacă panta lor este în intervalul $\pm 4^{\circ}$. Acoperișurile vor fi divizate în zonele indicate conform figurii 2.6. Coeficienții presiunilor pentru fiecare zonă sunt dați în tabelul 7 din codul de proiectare.

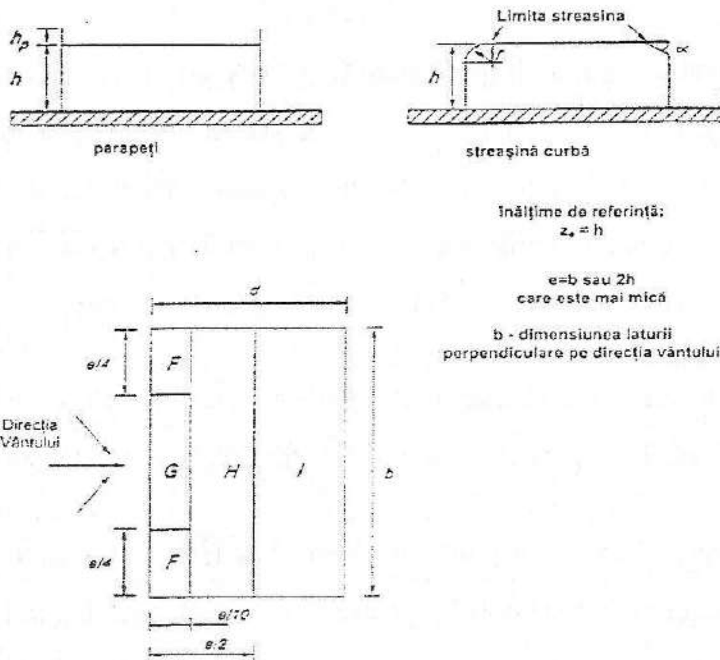


Fig. 2.6. Notații pentru acoperișuri plate.

Tabelul 2.2

Coeficienții de presiune pentru acoperișuri plate

Caz		Zona F		Zona G		Zona H		Zona I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
A		-1.8	-2.5	-1.2	-2.0	-0.7	-1.2	±0.2	
B	$h_p/h=0.025$	-1.6	-2.2	-1.1	-1.8	-0.7	-1.2	±0.2	
	$h_p/h=0.05$	-1.4	-2.0	-0.9	-1.6	-0.7	-1.2	±0.2	
	$h_p/h=0.10$	-1.2	-1.8	-0.8	01.4	-0.7	-1.2	±0.2	
C	$r/h=0.05$	-1.0	-1.5	-1.2	-1.8	-0.4		±0.2	
	$r/h=0.10$	-0.7	-1.2	-0.8	-1.4	-0.3		±0.2	
	$r/h=0.20$	-0.5	-0.8	-0.5	-0.8	-0.3		±0.2	
D	$\alpha=30^0$	-1.0	-1.5	-1.0	-1.5	-0.3		±0.2	
	$\alpha=45^0$	-1.2	-1.8	-1.3	-1.9	-0.4		±0.2	
	$\alpha=60^0$	-1.3	-1.9	-1.3	-1.9	-0.5		±0.2	

Acoperișuri cu o singură pantă. Acoperișul va fi divizat în zone, conform figurii 2.7. Coeficienții presiunilor pentru fiecare zona sunt dați în tabelul 8 din codul de proiectare. Pentru colțurile alungite ale acoperișului, zona *R* este supusă aceleiași presiuni ca și peretele vertical corespunzător. Această regulă este aplicabilă și pentru acoperișuri de alte tipuri.

Acoperișuri cu două pante. Acoperișul va fi divizat în zone, conform figurii 2.8. Coeficienții presiunilor sunt dați în tabelul 9 din codul de proiectare.

Acoperișuri cu patru pante. Acoperișul va fi divizat în zone, conform figurii 2.9. Coeficienții presiunilor pentru fiecare zona sunt dați în tabelul 10 din codul de proiectare.

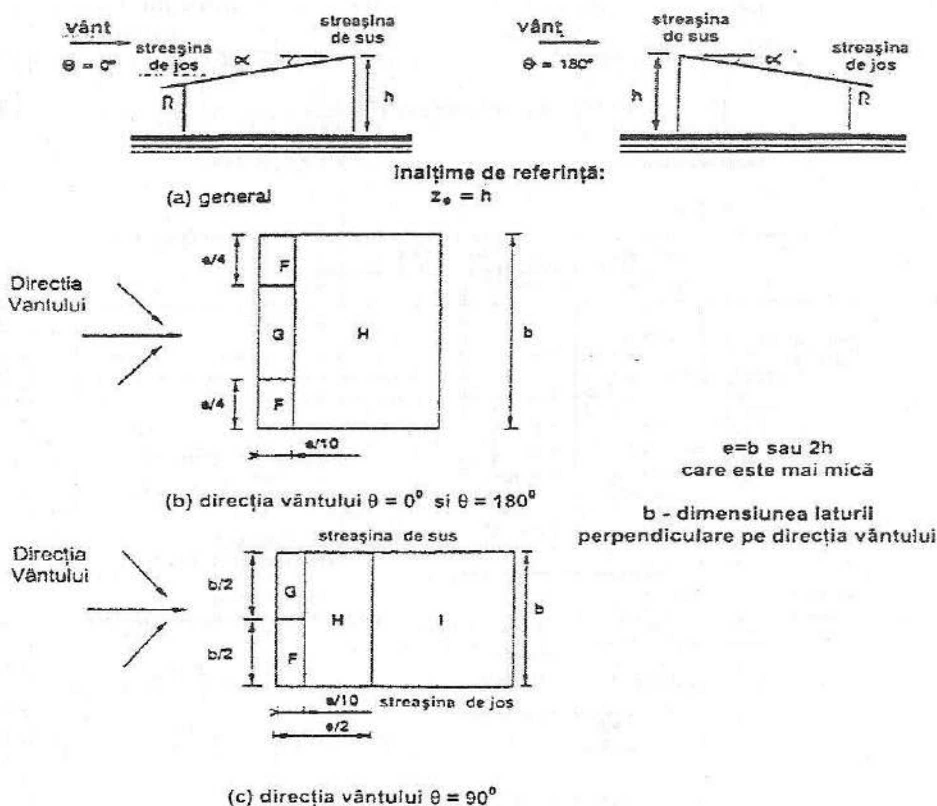


Fig. 2.7. Notații pentru acoperișuri cu o singură pantă.

Tabelul 2.3

Coeficienții de presiune pentru acoperișurile cu o singură pantă

	Zone pentru direcția vântului θ = 0°						Zone pentru direcția vântului θ = 180°					
panta α	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							
45°	+0,7		+0,7		+0,6		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

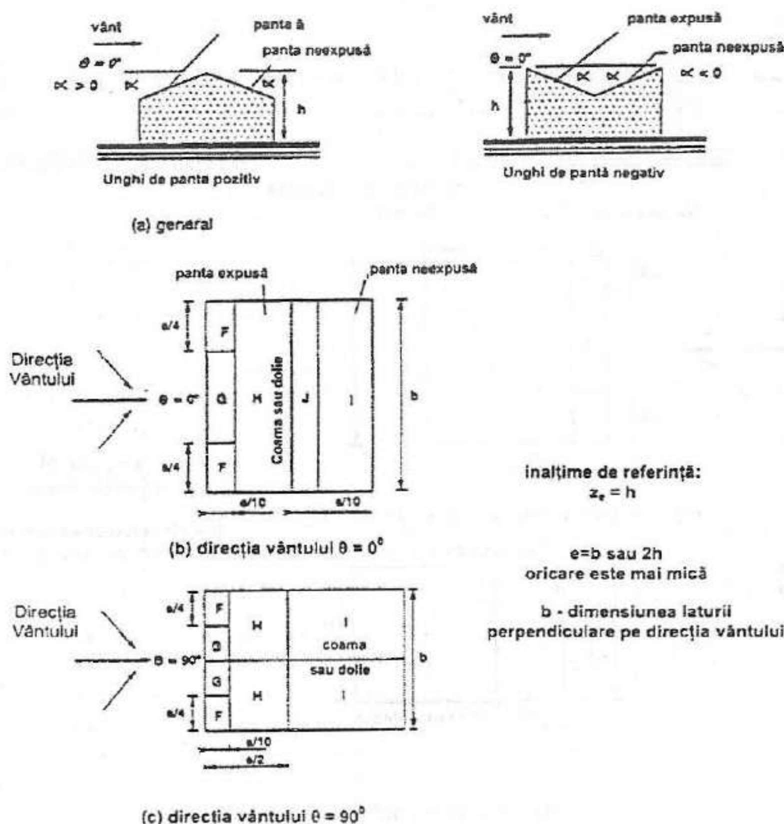


Fig. 2.8. Notații pentru acoperișuri în două pante.

Tabelul 2.4

Coeficienții de presiune pentru acoperișuri cu două pante

panta α	Zone pentru direcția vântului θ = 0°									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,3		-0,3	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,3		-0,3	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2					
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4					
45°	+0,7		+0,7		+0,6		-0,2		-0,3	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

Tabelul 2.4 (continuare)

panta α	Zone pentru direcția vântului θ = 90°							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,5	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

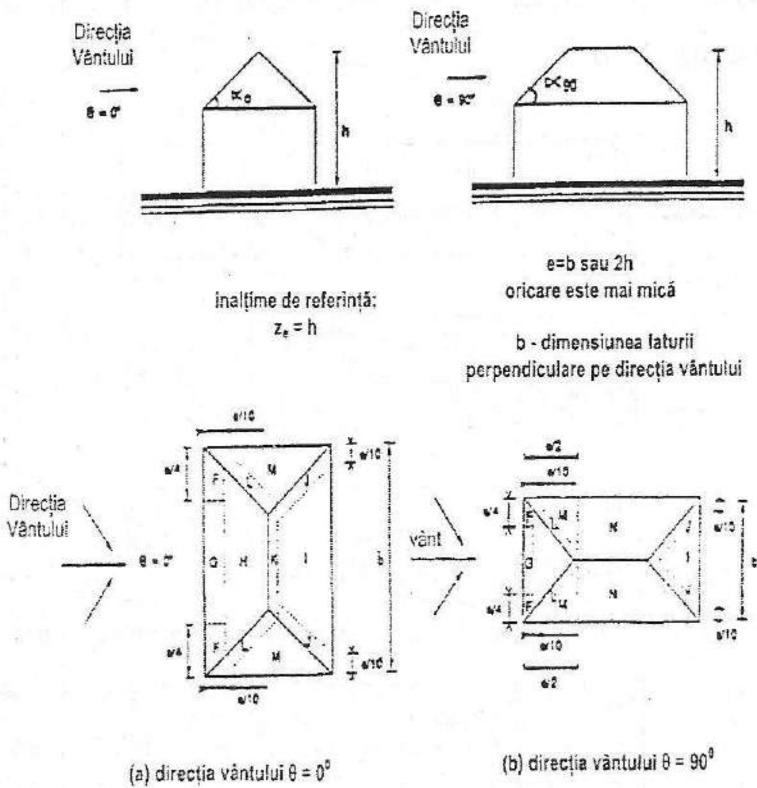


Fig. 2.9. Notații pentru acoperișuri cu patru pante.

Tabelul 2.5

Coeficienții de presiune pentru acoperișuri cu patru pante

Unghiul de pantă α_0 pentru Θ=0° și α_{90} pentru Θ=90°	Zone pentru direcția vântului Θ= 0° și Θ= 90°																	
	F		G		H		I		J		K		L		M		N	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
+5°	-1.7	-2.5	-1.2	-2.0	-0.6	-1.2	-0.3		-0.6		-0.6		-1.2	-2.0	-0.6	-1.2	-0.4	
+15°	-0.9	-2.0	-0.8	-1.5	-0.3		-0.5		-1.0	-1.5	-1.2	-2.0	-1.4	-2.0	-0.6	-1.2	-0.3	
	+0.2		+0.2		+0.2													
+30°	-0.5	-1.5	-0.5	-1.5	-0.2		-0.4		-0.7	-1.2	-0.5		-1.4	-2.0	-0.8	-1.2	-0.2	
	+0.5		+0.7		+0.4													
+45°	+0.7		+0.7		+0.6		-0.3		-0.6		-0.3		-1.3	-2.0	-0.8	-1.2	-0.2	
+60°	+0.7		+0.7		+0.7		-0.3		-0.6		-0.3		-1.2	-2.0	-0.4		-0.2	
+75°	+0.8		+0.8		+0.8		-0.3		-0.6		-0.3		-1.2	-2.0	-0.4		-0.2	

Acoperișuri multiple. Pentru fiecare deschidere a unui acoperiș cu deschideri multiple coeficienții de presiune se stabilesc conform metodei de la acoperișuri cu o singură pantă, modificându-se în funcție de forma acoperișului (fig. 2.10).

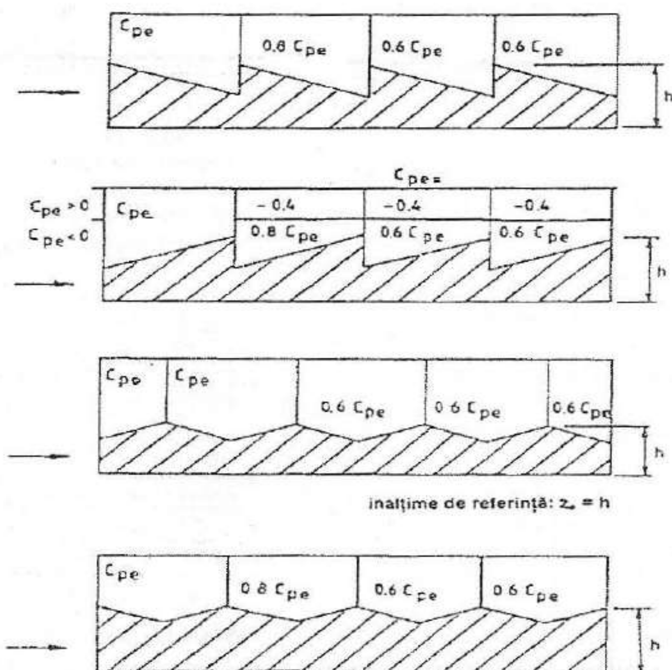


Fig. 2.10. Notații pentru acoperișuri multiple.

Acoperişuri cilindrice şi cupole. Acoperişul va fi divizat în zone, conform figurii 2.11. Coeficienții de presiune vor fi luați conform punctului 12.2.2 din normativ, referitor la pereți verticali ai clădirilor cu formă dreptunghiulară în plan.

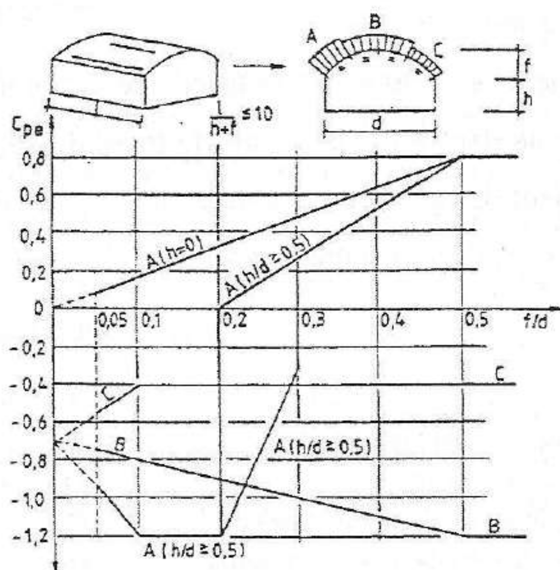


Fig. 2.11. Coeficienții de presiune pentru acoperişurile cilindrice pe plan dreptunghiular.

Răspunsul dinamic al construcțiilor zvelte la acțiunea vântului. Răspunsul dinamic reprezintă deplasarea elastică a structurii pe direcția vântului la înălțimea z de la sol şi se exprimă ca sumă a două componente:

$$V_{z,t} = \overline{V}_z + V_t'$$

unde: $\overline{V}_z$ este deplasarea medie;

V_t' – deplasarea fluctuantă față de deplasarea medie la înălțimea z.

În stadiul de comportare elastică a construcției, răspunsul dinamic se calculează multiplicând eforturile calculate pentru presiunea medie q_z cu factorul de amplificare dinamică β, pe care standardul îl propune a fi calculat simplificat astfel:

$$\beta = 1 + \xi r$$

unde: ξ este coeficient de amplificare care ține seama de capacitatea structurii de a absorbi energie eliberată în mișcarea turbulentă a vântului:

$$\xi = \xi_1 \cdot \xi_2 .$$

unde: ξ_1 este coeficient rezultat din grafic în funcție de perioada proprie de vibrație a structurii $T(s)$;

ξ_2 – coeficient ce se determină în funcție de natura materialelor constitutive ale elementelor de construcții (tabelul 2.6);

r – coeficient de rafală, care se determină în funcție de înălțimea punctului, considerat conform tabelului 2.7.

Tabelul 2.6

Valori pentru ξ_2

Tipul construcției	ξ_2
Structuri metalice	3,3
Structuri din beton precomprimat	2,7
Structuri din beton armat și zidărie	2,4
Clădiri cu structuri metalice	2,4
Clădire cu structura din beton armat sau zidărie	1,7

Tabelul 2.7

Valori ale coeficienților de rafală

Înălțime deasupra terenului [m]	r
10	0,36
50	0,30
100	0,24
160	0,20
200	0,18
400	0,10

Efectele dinamice ale acțiunii vântului sunt considerate pentru un număr redus de structuri: piloni, turnuri, coșuri de fum, clădiri etajate cu înălțime de

peste 40 m, hale industriale cu înălțime de peste 36 m și un raport între înălțime și deschidere mai mare de 15 m.

2.4. Acțiunea zăpezii

Zăpada este un fenomen climatic natural a cărui evoluție în timp este determinată de factori meteorologici (temperatură, vânt etc.). În general zăpada se depune în strat uniform pe suprafețe înclinate până la 50°, pentru pante între 50 și 70° zăpada rămâne aderentă într-un strat subțire, iar peste 70°, alunecă. Imediat după depunere, zăpada începe să se îndese sub propria sa greutate, fenomen care produce creșterea greutății zăpezii.

La această creștere contribuie în timp și fenomenul de înghețare a apei rezultate din condensarea vaporilor și a apei din topirea parțială a zăpezii.

Acțiunea vântului asupra zăpezii poate avea un dublu efect: de compactare sau de antrenare .

Aprecierea intensității viscolului se face astfel:

$$i = 0{,}41v - 2{,}5 \ [\text{g/min·cm}^2]$$

Rezultă că fenomenul de viscolire ($i > 0$) se produce începând cu $v = 6$ m/s.

Până la viteze de 10 m/s, fenomenul este neglijabil, devenind semnificativ peste această viteză. La noi în țară, vânturile au o viteză de peste 100 km/oră.

Încărcările date de zăpadă se evaluează conform codului de proiectare CR-1-1-3-2005.

Încărcarea din zăpadă pe acoperiș ia în considerare depunerea de zăpadă în funcție de forma acoperișului și de redistribuția zăpezii cauzată de vânt și de topirea zăpezii.

La proiectarea acoperişurilor se utilizează două distribuţii ale încărcării din zăpadă:

- încărcarea din zăpada neaglomerată;
- încărcarea din zăpada aglomerată.

Încărcarea din zăpadă este considerată ca acţionând vertical pe proiecţia orizontală a suprafeţei acoperişului.

Valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă pe acoperiş se determină astfel:

$$S_k = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_{o,k}$$

unde: S_k este valoarea caracteristică încărcării din zăpadă pe acoperiş;

μ_i – coeficient de formă pentru încărcarea din zăpadă pe acoperiş;

$S_{o,k}$ – valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă pe sol, în kN/m^2, în amplasament conform tabelului A1 din anexa A din codul de proiectare (fig. 2.17);

C_e – coeficientul de expunere a amplasamentului construcţiei;

C_t – coeficientul termic.

Coeficienţii de formă pentru încărcarea din zăpadă pe acoperiş se determină în funcţie de tipul de acoperiş, în capitolul 3 din codul de proiectare.

Pentru **acoperişuri cu o singură pantă**, în situaţiile în care zăpada nu este împiedicată să alunece de pe acoperiş, este indicată valoarea acestui coeficient în funcţie de panta acoperişului α.

Tabelul 2.8

Valorile coeficienţilor de formă pentru încărcarea din zăpadă pe acoperişuri cu o singură pantă, cu două pante şi pe acoperişuri cu mai multe deschideri

Panta acoperişului, α	$0° \leq \alpha \leq 30°$	$30° < \alpha < 60°$	$\alpha \geq 60°$
μ_1	0.8	$0.8(60 - \alpha)/30$	0.0
μ_2	$0.8 + 0.8\alpha/30$	1.6	–

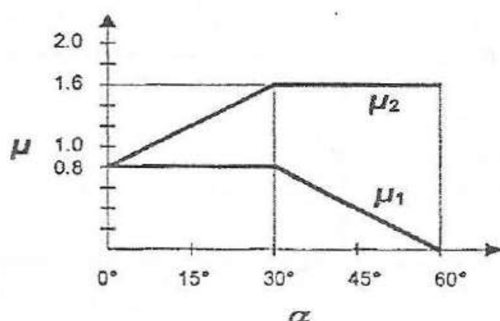


Fig. 2.12. Coeficienții de formă pentru încărcarea din zăpadă pe acoperișuri cu o singură pantă, cu două pante și pe acoperișuri cu mai multe deschideri.

Pentru **acoperișuri cu două pante**, în situațiile în care zăpada nu este împiedicată să alunece de pe acoperiș, este indicată valoarea acestui coeficient în funcție de panta acoperișului α, ca în tabelul 2.8. Dacă la marginea mai joasă a acoperișului este plasat un parapet sau alt obstacol ce împiedică alunecarea zăpezii, atunci coeficienții de formă ai încărcării din zăpadă nu trebuie sa fie mai mici dè 0,8.

La fel se procedează și în cazul **acoperișurilor cu mai multe deschideri**.

Coeficienții de forma pentru încărcarea din zăpadă pe **acoperișurile cilindrice** sunt recomandați în figură pentru valori ale unghiului β dintre orizontală și tangenta la curba directoare a acoperișului, mai mici sau egale cu 60° și pentru diferite rapoarte înălțime/lățime (h/b).

Valorile coeficientului de formă μ_3 sunt:

$\mu_3 = 0,2 + 10h/b \qquad 0,2 \leq \mu_3 \leq 2$

pentru $\beta \leq 60^\circ$

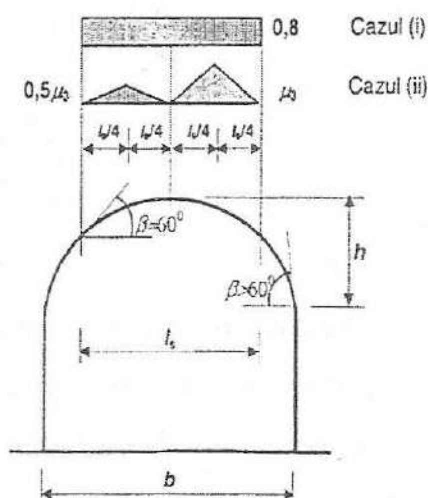


Fig. 2.13. Distribuția coeficientului de formă pentru încărcarea din zăpadă pe acoperișuri cilindrice.

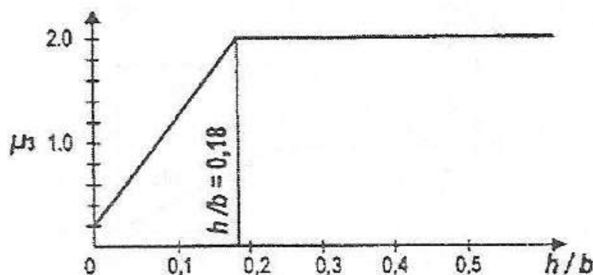


Fig. 2.14. Coeficientul de formă pentru încărcarea din zăpadă pe acoperişuri cilindrice.

Dacă la marginea mai joasă a acoperişului este plasat un parapet sau alt obstacol ce împiedică alunecarea zăpezii, atunci coeficienţii de formă ai încărcării din zăpadă nu trebuie să fie mai mici de 0,8.

Coeficientul de expunere C_e al amplasamentului construcţiei este în funcţie de condiţiile de expunere ale construcţiei (atât la momentul proiectării cât şi ulterior), valorile sale fiind date în tabel.

Tabelul 2.9

Valorile coeficientului de expunere C_e

Tipul expunerii	C_e
Completă	0.8
Parţială	1,0
Redusă	1.2

În cazul:

1) expunerii complete, zăpada poate fi spulberată pe zone întinse de teren plat lipsit de adăpostire sau cu adăpostire limitată;

2) expunerii parţiale, topografia terenului şi prezenţa altor construcţii sau a copacilor nu permit o spulberare semnificativă a zăpezii de către vânt;

3) expunerii reduse, construcţia este situată mai jos decât terenul înconjurător sau este înconjurată de copaci înalţi şi / sau construcţii înalte.

Pentru acoperişuri cu termoizolații uzuale, coeficientul termic este considerat 1. În cazuri speciale valoarea coeficientului termic se determină prin studii speciale şi este aprobată de autoritatea națională competentă.

Valoarea de calcul a încărcării din zăpadă se determină utilizând coeficienții parțiali de siguranță din capitolul 4, "Verificări prin metoda coeficienților parțiali de siguranță" din "Codul de proiectare. Bazele proiectării structurilor în construcții", 2005. Coeficienții parțiali de siguranță se aplică efectului structural al încărcării caracteristice din zăpadă pe acoperiş.

Aglomerarea din zăpadă. Pe *acoperişurile cu obstacole* este posibilă aglomerarea zăpezii în zonele de adăpostire aerodinamică la vânt.

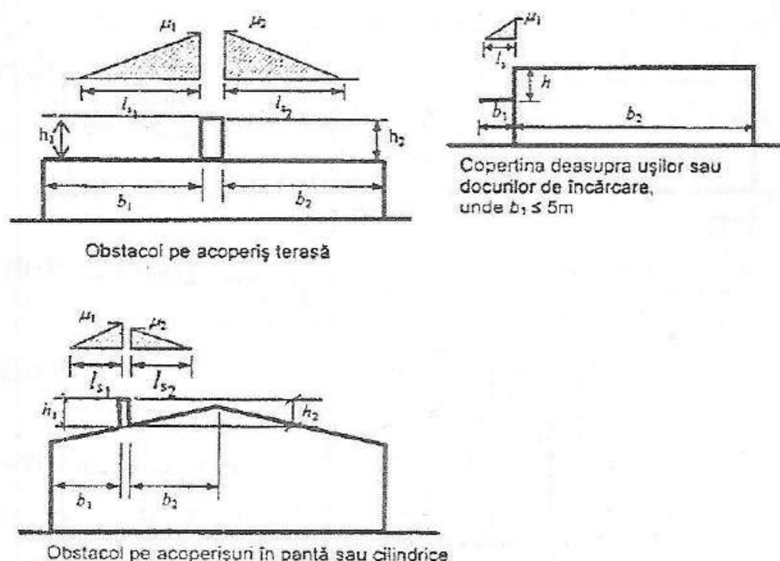


Fig. 2.15. Coeficienții de formă pentru încărcarea din zăpadă aglomerată pe acoperişuri în zona obstacolelor.

Coeficienții de formă pentru încărcarea din zăpadă aglomerată pe acoperiş în zona obstacolelor cu înălțimea mai mică de 1 m se determină astfel:

μ_1 este minimul dintre următoarele două valori: $\gamma h_1 / S_{0,k}$;

μ_2 – minimul dintre următoarele două valori: $\gamma h_2/S_{o,k}$;

γ – greutatea specifică a zăpezii (se consideră egală cu 2 kN/m^3).

Coeficienții de formă pentru încărcarea din zăpadă aglomerată pe acoperiș ***în dreptul parapeților*** se determină luând în considerare minimul dintre următoarele valori obținute:

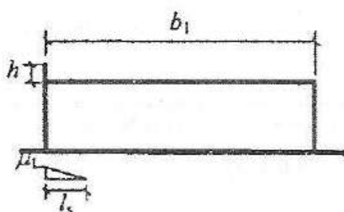
$\mu_1 = \gamma h/S_{o,k}$

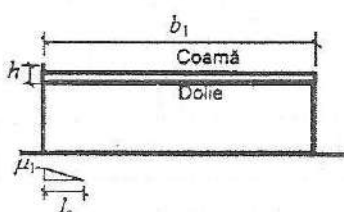
$\mu_1 = 2b/l_s$ $\qquad b = \max(b_1;\ b_2)$

$\mu_1 = 8$

unde: γ este greutatea specifică a zăpezii (se consideră egală cu 2 kN/m^3);

l_s – lungimea zonei de acumulare de zăpadă; se va lua minimul dintre $5h$, b_1 și 15 m.





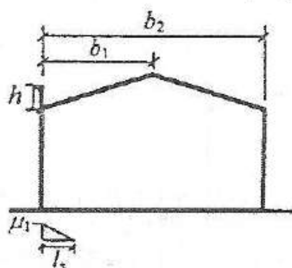


Fig. 2.16. Coeficienții de formă pentru încărcarea din zăpadă aglomerată pe acoperișuri în dreptul parapeților.

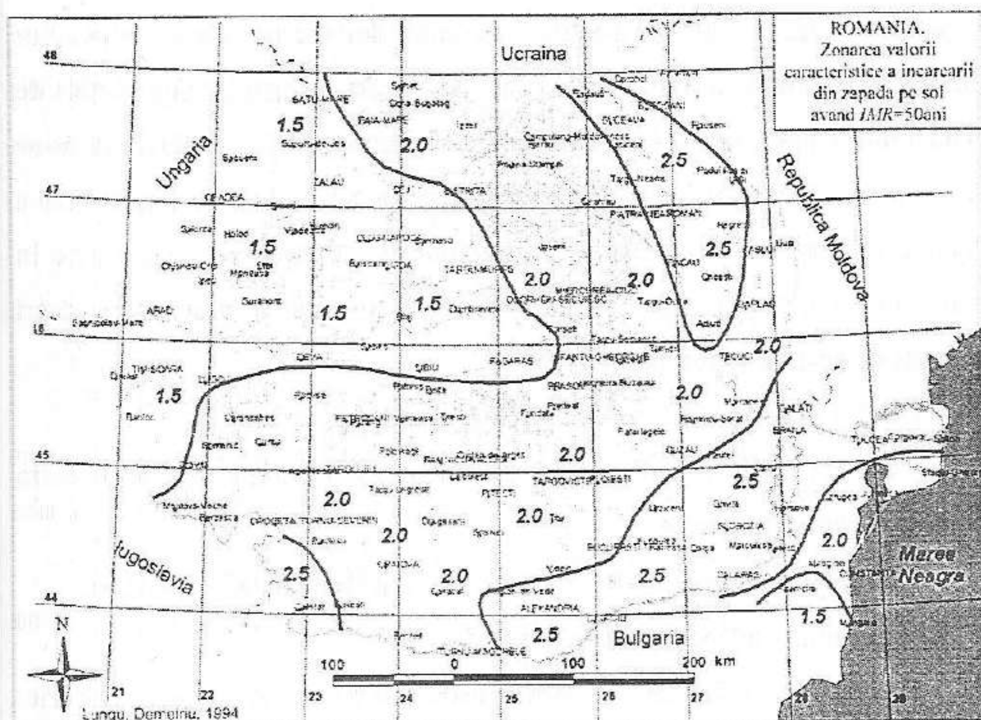


Fig. 2.17. România – zonarea valorii caracteristice a încărcării din zăpadă pe sol s_{0k}, în kN/m^2.

2.5. Acțiunea seismică

2.5.1. *Elemente generale*

Cutremurele de pământ sunt fenomene geologice naturale cu caracter distructiv, de natură aleatorie, atât prin cauzele care le produc, cât și al modului de manifestare. Cutremurele pot fi de natură și origine variate: tectonice, vulcanice, produse de explozii etc.

Asupra construcțiilor, dar și din punct de vedere seismologic, prezintă importanță cutremurele de origine tectonică. În cadrul unor teorii moderne, aceste cutremure se consideră că se produc astfel: scoarța terestră este formată din plăci și subplăci rigide, care reazemă pe mantaua joasă în stare

de fuziune și care se află în continuă mișcare; deplasarea relativă a plăcilor separate prin falii este frânată de forțele de frecare ce apar pe suprafețele de contact dintre plăci, acumulându-se energie de deformare în zonele de margine ale acestora. Când situația de echilibru dispare, se produce alunecarea bruscă a plăcilor în lungul faliilor, uneori cu tendințe de suprapunere sau rupere în interiorul scoarței terestre – fenomenul este însoțit de eliberarea unor mari cantități de energie (zguduiri, vibrații).

După adâncimea focarului, cutremurele se clasifică în:

• cutremure de suprafață, care se produc în interiorul scoarței terestre (până la 60 km adâncime);

• cutremure produse sub scoarța terestră (adâncime 60 - 300 km);

• cutremure adânci (peste 300 km).

Cutremurele vrâncene din țara noastră fac parte din a doua categorie. Cutremurul din 1940 a avut focarul la cca. 133 km adâncime, iar cel din 1977 a avut focarul la 90-100 km.

Severitatea mișcărilor seismice variază în funcție de: magnitudine, adâncimea focarului, mecanismul de producere, distanța față de epicentru, natura rocilor pe care le traversează, condițiile locale de teren, densitatea construcțiilor.

Magnitudinea M constituie o măsură de evaluare a severității seismice. Ecuația prin care se exprimă energia eliberată E în cursul unei mișcări seismice, în ergi, în funcție de magnitudinea M, exprimată în grade pe scara Richter, este:

$$\log E = 11{,}8 + 1{,}5\,M\,.$$

Severitatea unui cutremur se măsoară în grade ce corespund unei scări de intensitate seismică, legiferată în funcție de efectele cutremurului asupra oamenilor și mediului înconjurător:

• scara Mercalli modificată, propusă de Mercalli în anul 1883, are 12 grade de intensitate;

• scara magnitudinilor (Richter), propusă în 1935, care evaluează intensitatea cutremurelor după energia totală eliberată în focar, are 9 grade de intensitate;

• scara MMK - 64, care combină cele două scări.

2.5.2. *Evaluarea încărcărilor seismice de calcul*

Evaluarea forțelor seismice statice echivalente, pentru situația în care modul propriu fundamental de translație are contribuție predominantă, se efectuează după cum urmează.

Forța tăietoare de bază, corespunzătoare modului fundamental, notată cu F_b, se determină cu relația:

$$F_b = \gamma_I \cdot S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda$$

în care: γ_I este factor de importanță – expunere, cu valori cuprinse între 0,8 și 1,4 (vezi tabelul 4.2 din P100-1/2006);

$S_d(T_1)$ – ordonata spectrului de răspuns de proiectare, corespunzătoare perioadei fundamentale;

T_1 – perioada proprie fundamentală;

m – masa totală a clădirii (suma maselor de nivel);

λ – factor de corecție, care ține seama de contribuția modului propriu fundamental:

• λ = 0,85 pentru perioada fundamentală mai mică decât perioada de control T_C și pentru clădiri cu mai mult de două niveluri;

• λ = 1 pentru celelalte situații.

Relația de calcul pentru ordonata spectrului de răspuns de proiectare S_d este diferențiată în funcție de valoarea perioadei proprii în comparație cu valorile perioadelor de control. În normativul P100-1/2006 se prevăd trei perioade de control. Perioada T_C se determină din harta perioadelor de

control (vezi fig. 3.2 din P100-1/2006), iar din tabelul 2.10 (tabelul 3.1 din P100-1/2006) se deduc perioadele de control T_B și T_D.

Tabelul 2.10

Perioadele de control T_B, T_C, T_D ale spectrului de răspuns pentru componentele orizontale ale mișcării seismice

Interval mediu de recurență a magnitudinii cutremurului	Valori ale perioadelor de control (colț)			
IMR = 100 ani Pentru starea limită ultimă	T_B [s]	0,07	0,1	0,16
	T_C [s]	0,7	1	1,6
	T_D [s]	3	3	2

Pentru $0 < T < T_B$: $$S_d(T) = a_g \cdot \left[1 + \frac{\frac{\beta_0}{q} - 1}{T_B} \cdot T \right]; \ \beta_0 = 2,75$$

Pentru $T > T_B$: $$S_d(T) = a_g \cdot \left[\frac{\beta(T)}{q} \right]$$

unde: a_g este valoarea de vârf a accelerației terenului pentru cutremure având intervalul mediu de recurență IMR = 100 ani; valoarea acesteia se deduce din harta de zonare a teritoriului României (vezi fig. 3.1 din P100-1/2006);

q – factorul de comportare a structurii, ce reprezintă un factor utilizat pentru a reduce forțele corespunzătoare răspunsului elastic ținând cont de răspunsul neliniar al structurii; depinde de material, tipul de sistem structural și concepția de proiectare. Codul are prevederi distincte pentru structurile ce se încadrează în clasa de ductilitate înaltă H și pentru cele din clasa de ductilitate medie M. De exemplu, tabelul 2.11 (tab. 5.1 din P100-1/2006) conține valorile factorului de comportare q pentru structuri din beton.

Tabelul 2.11

Valorile factorului de comportare q pentru structuri regulate în elevație

Tipul de structură	q	
	Clasa de ductilitate H	Clasa de ductilitate M
Cadre, sistem dual, pereți cuplați	$5\cdot \alpha_u/\alpha_1$	$3{,}5\cdot \alpha_u/\alpha_1$
Pereți	$4\cdot \alpha_u/\alpha_1$	3
Nucleu (flexibilă la torsiune)	3	2
Structuri tip pendul inversat	3	2
– *clădiri cu un nivel* $\alpha_u/\alpha_1=1{,}15$; – *clădiri cu mai multe niveluri și o singură deschidere* $\alpha_u/\alpha_1=1{,}25$; – *clădiri cu mai multe niveluri și mai multe deschideri* $\alpha_u/\alpha_1=1{,}35$.		

β_0 – factor de amplificare dinamică maximă a accelerației orizontale a terenului de către structură;

$\beta(T)$ – spectrul normalizat de răspuns elastic pentru componentele orizontale ale accelerației terenului; formele normalizate ale spectrelor de răspuns elastic pentru componentele orizontale ale accelerației terenului, pentru fracțiunea din amortizarea critică de 5%, în funcție de perioadele de control sunt:

– pentru $T \le T_B$: $$\beta(T) = 1 + \frac{\beta_0 - 1}{T_B}\cdot T$$

– pentru $T_B < T \le T_C$: $$\beta(T) = \beta_0$$

– pentru $T_C < T \le T_D$: $$\beta(T) = \beta_0 \frac{T_C}{T}$$

– pentru $T > T_D$: $$\beta(T) = \beta_0 \frac{T_C \cdot T_D}{T^2}$$

Forța seismică orizontală static echivalentă care acționează la nivelul i, F_i, se calculează cu relația:

$$F_i = F_b \cdot \frac{m_i \cdot s_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i \cdot s_i}$$

în care: m_i este masa corespunzătoare nivelului i;

s_i – componenta formei fundamentale pe direcția gradului de libertate dinamică de translație la nivelul i.

Evaluarea forței tăietoare de bază folosind metoda calculului modal. În calcul se vor considera modurile proprii cu o contribuție semnificativă la răspunsul seismic total. Criteriul de identificare a modurilor proprii semnificative se bazează pe masele modale. Masa modală efectivă asociată modului propriu de vibrație k, mm_k, se determină cu relația:

$$mm_k = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} m_i \cdot s_{ik}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n} m_i \cdot s_{ik}^2}$$

în care s_{ik} reprezintă componenta vectorului propriu în modul de vibrație k, pe direcția gradului de libertate dinamică de translație la nivelul i.

Se consideră moduri proprii semnificative acele moduri pentru care:

– suma maselor modale efective pentru modurile proprii considerate reprezintă cel puțin 90% din masa totală a structurii;

– au fost considerate în calcul toate modurile proprii cu masă modală efectivă mai mare de 5% din masa totală.

Forța tăietoare de bază F_{bk} aplicată pe direcția de acțiune a mișcării seismice în modul de vibrație k este:

$$F_{bk} = \gamma_1 \cdot S_d(T_k) \cdot mm_k$$

Forța de bază totală se obține cu relația de compunere modală:

$$F = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} F_{bk}^2} .$$

Proiectarea antiseismică a clădirilor se face conform Codului P100/2006, cod care corespunde EUROCODULUI 8 (SR EN 1998 – 1:2004) din seria codurilor europene de proiectare structurală.

Aplicarea prevederilor codului P100/2006 urmărește ca în cazul unor evenimente seismice, să se asigure performanțele de calitate privind:

– evitarea pierderilor de vieți omenești;

– menținerea fără întrerupere a activităților și serviciilor esențiale pentru desfășurarea continuă a vieții sociale și economice;

– evitarea producerii de explozii sau degajări de substanțe periculoase;

– evitarea pagubelor materiale.

Pentru proiectarea construcțiilor la acțiunea seismică, teritoriul României este împărțit în zone de hazard seismic. Nivelul de hazard seismic indicat în cod este nivelul minim pentru proiectare. Hazardul seismic pentru proiectare este descris de valoarea de vârf a accelerației orizontale a terenului a_g, determinată pentru intervalul mediu de referință (IMR) corespunzător stării limite ultime.

Proiectarea seismică urmărește realizarea unei construcții sigure în raport cu hazardul seismic asociat amplasamentului. Aspectele conceptuale de bază se referă la:

– simplitatea structurii;

– redundanța structurii;

– geometria structurii și a clădirii în întregul ei, cu considerarea modului de distribuire a elementelor structurale, nestructurale și a maselor;

– rezistența și rigiditatea laterală în orice direcție;

– realizarea ca diafragme a planșeelor;

– realizarea unor fundații adecvate.

Simplitatea structurală presupune existența unui sistem structural continuu și suficient de puternic care să asigure un traseu clar cât mai direct și neîntrerupt al forțelor seismice, indiferent de direcția acestora.

Redundanța structurală presupune asigurarea că:

– ruperea unui element sau a unei singure legături structurale nu conduce la pierderea stabilității;

– se realizează un mecanism de plastifiere cu suficiente zone plastice, care să permită exploatarea rezervelor de rezistență ale structurii și o disipare avantajoasă a energiei seismice.

Geometria structurii urmărește realizarea unei structuri ordonate cu uniformitate pe verticală, eliminarea zonelor sensibile, a concentrărilor de eforturi sau a deformațiilor plastice excesive care ar putea produce ruperi premature, reducerea excentricității.

Rigiditatea și rezistența la translație pe două direcții urmăresc ca distribuția elementelor structurale să fie în plan în sistem ortogonal. Rigiditatea laterală trebuie să fie suficientă pentru limitarea deplasărilor orizontale.

Rigiditatea și rezistența la torsiune presupun limitarea posibilităților de răsucire în ansamblul clădirii – aspect ce ar conduce la majorarea eforturilor și deplasărilor orizontale ale clădirii. Realizarea acestei cerințe presupune dispunerea unor elemente suficient de rigide și rezistente perimetral clădirii .

Acțiunea de diafragmă a planșeelor impune ca acestea să aibă o capacitate de colectare a forțelor de inerție și transmitere a lor la elementele verticale ale structurii.

Metodele de calcul utilizate sunt:

– metoda forțelor laterale, asociate modului de vibrație fundamental;

– metoda calculului modal cu spectre de răspuns;

– metoda de calcul dinamic liniar;

– metoda de calcul dinamic neliniar;

– metoda de calcul static neliniar.

Metoda de referință pentru determinarea efectelor seismice este calculul modal cu spectre de răspuns. Comportarea structurii este reprezentată printr-un

model liniar-elastic, iar acțiunea seismică este descrisă prin spectre de răspuns de proiectare .

În metodele de calcul dinamic liniar și neliniar, acțiunea seismică este reprezentată prin accelerograme artificiale compatibile cu spectrul de proiectare.

La construcțiile din clasa de importanță cu coeficientul $\gamma_I \leq 1$, calculul seismic liniar poate fi realizat pe modele plane, chiar dacă criteriile de regularitate în plan nu sunt satisfăcute, dar sunt îndeplinite următoarele condiții:

a) construcția are compartimentări și închideri distribuite uniform;

b) înălțimea construcției nu depășește 10 m;

c) raportul înălțime/lungime nu depășește 0,4;

d) planșeele orizontale au suficientă rigiditate în raport cu rigiditatea laterală a elementelor verticale de rezistență.

Nivelul de asigurare al construcțiilor se diferențiază în funcție de clasa de importanță și de expunere la cutremur. Importanța construcțiilor depinde de consecințele prăbușirii asupra vieții oamenilor, importanța pentru siguranța publică și protecție civilă, în perioada de după cutremur. Clasa de importanță și de expunere la cutremur este caracterizată de valoarea factorului de importanță γ_I (tabelul 2.12).

Tabelul 2.12

Valorile factorului de importanță

Clasa de importanță	**Tipul de clădiri**	**Factorul de importanță γ_I**
1	2	3
I	Clădiri cu funcțiuni esențiale, a căror integritate pe durata cutremurelor este vitală pentru protecția civilă: stațiile de pompieri și sediile poliției; spitale și alte construcții aferente serviciilor sanitare, care sunt dotate cu secții de chirurgie și de urgență, clădirile instituțiilor cu responsabilitate în gestionarea situațiilor de urgență, la apărarea și securitatea națională, stațiile de producere și distribuție a energie si/sau care asigură servicii esențiale pentru celelalte categorii de	1,4

Tabelul 2.12 (continuare)

1	2	3
	clădiri menționate aici, garajele de vehicule ale serviciilor de urgență de diferite categorii, rezervoare de apă și stații de pompare esențiale pentru situații de urgență; clădiri care conțin gaze toxice, explozivi și alte substanțe periculoase.	
II	Clădiri a căror rezistență seismică este importantă sub aspectul consecințelor, asociate cu prăbușirea sau avarierea gravă: – clădiri de locuit și publice având peste 400 persoane în aria totală expusă; – spitale, altele decât cele de clasa I, și instituții medicale de o capacitate de peste 150 persoane în aria totală expusă; – penitenciare; – aziluri de bătrâni, creșe; – școli cu diferite grade, cu o capacitate de peste 200 de persoane în aria totală expusă; – auditorii, săli de conferințe, de spectacole cu capacități de peste 200 de persoane; – clădirile de patrimoniu național, muzee etc.	1,2
III	Clădiri de tip curent, care nu aparțin celorlalte categorii	1
IV	Clădiri de mică importanță pentru siguranța publică, cu grad redus de ocupare si/sau de mică importanță economică, construcții agricole, locuințe unifamiliale.	0, 8

2.5.3. Măsuri de conformare antiseismică pentru construcții

Capacitatea de rezistență antiseismică a unei construcții depinde de măsura în care această capacitate a fost asigurată inițial prin proiectare.

În cadrul prescripțiilor privind asigurarea antiseismică a construcțiilor, se prevăd o serie de măsuri de conformare:

• la stabilirea formei și alcătuirii de ansamblu a construcțiilor trebuie asigurate forme regulate și simetrice, evitându-se disimetriile pronunțate în

distribuția volumelor, maselor și rigidităților, în vederea evitării efectelor defavorabile de torsiune generală;

• lățimea rostului antiseismic se determină cu relația:

$$\delta \geq \delta_1 + \delta_2 + 2 \text{ cm}$$

în care δ_1, δ_2 sunt deplasările totale ale celor două corpuri;

• în cazul clădirilor la care rigiditatea variază pe înălțime, este necesară asigurarea unei variații continue, fără schimbări bruște de la un nivel la altul;

• prin modul de alcătuire, trebuie asigurată transmiterea directă a încărcărilor gravitaționale la teren, evitându-se structurile complicate.

2.6. Acțiunea focului asupra construcțiilor

Acțiunea focului face parte din solicitările extraordinare care pot să apară cu o probabilitate dată pe durata de viață a unei construcții.

În general, incendiile sunt cauzate de ignorarea sau insuficiența unor măsuri de protecție împotriva focului.

Posibilitatea extinderii focului, amploarea pagubelor pricinuite de un incendiu depind de o serie de factori: severitatea incendiului, destinația și gradul de combustibilitate ale clădirii, conformarea construcției la foc încă din faza de proiect, numărul de nivele, distanțele dintre clădiri.

În timpul incendiului desfășurat complet, temperatura depășește frecvent 1000°C. Temperaturile atinse variază după materialul ce arde, după cantitatea de aer ce alimentează focul.

La temperaturi înalte produse în timpul incendiului, caracteristicile termo-fizice se modifică. De exemplu, coeficientul de conductivitate termică λ devine de 2-3 ori mai mare la 100°C față de valoarea lui la temperaturi normale.

Variația temperaturilor într-un compartiment incendiat urmează o curbă care evidențiază trei faze:

- *faza I* – temperaturile nu depășesc 200°C, cantitatea de căldură degajată este mică în comparație cu volumul compartimentului;
- *faza II* – propagarea arderii contribuie la creșterea rapidă a temperaturii, se ating temperaturi critice;
- *faza III* – corespunde consumării energiei termice. La început temperaturile descresc repede, dar apoi, lent.

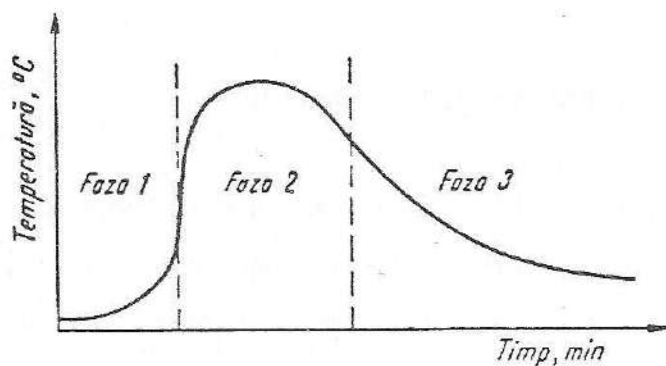


Fig. 2.18. Curba temperatură – timp pentru un incendiu real.

2.7. Comportarea la foc a materialelor

Comportarea la foc a betonului armat este dependentă de proprietățile ambelor elemente componente: beton și armătură, de întregul mecanism al modificărilor pe care acestea le suferă în timpul procesului de încălzire și, ulterior, de răcire.

Deformația totală a betonului este rezultatul deformațiilor care se produc la nivelul agregatului și al pietrei de ciment în condițiile în care cele două componente conlucrează.

Deformațiile la dilatare ale agregatului cresc odată cu temperatura. Deformațiile pastei de ciment sunt de dilatație sau de contracție, în funcție de dezvoltarea temperaturii, și anume: într-o primă fază, pasta de ciment expandează până la eliminarea completă a apei libere; în faza următoare, deformațiile de contracție datorate eliminării apei absorbite din geluri reduc deformațiile inițiale până la zero; contracția continuă și se descompun produsele de hidratare, după care expansiunea reîncepe.

Modul de comportare a armăturii la structuri din beton armat și beton precomprimat este afectat de valoarea temperaturii inițiale, de mărimea și rata creșterii temperaturii de încălzire.

Limita de curgere a oțelului se reduce cu aproape 50% la temperaturi de 500...600 °C . Dacă nu se depășesc aceste valori, în perioada de răcire se produce o revenire totală.

Exigențe și criterii de performanță la foc. Performanțele unei construcții privind siguranța la foc se pot aprecia pe baza următoarelor exigențe generale:

- stabilitatea, care reprezintă capacitatea structurii și a elementelor structurale de a nu ceda prin prăbușire, de a nu avea deformații excesive;
- etanșeitatea – reprezintă capacitatea elementelor de compartimentare de a împiedica trecerea flăcărilor și a gazelor fierbinți;
- izolarea termică – reprezintă capacitatea elementelor de compartimentare de a reduce transferul excesiv de căldură de la fața afectată de incendiu la fața opusă.

Protecția construcțiilor la acțiunea focului. Comportarea unei structuri constructive la incendiu este dependentă de proprietățile materialelor componente.

Proprietățile termice ale materialelor sunt caracterizate prin: conductivitate termică şi căldură specifică.

Conductivitatea termică influențează ridicarea temperaturii într-un element de construcție.

Căldura specifică a oțelului este o caracteristică ce reprezintă cantitatea de căldură de intrare necesară pentru a creşte cu o unitate de temperatură o unitate de masă.

Modulul de elasticitate al oțelului descreşte odată cu creşterea temperaturii. Analizând ambele caracteristici pentru oțel la diferite temperaturi, se vede clar influența defavorabilă a temperaturii de incendiu asupra capacității portante a elementelor din oțel. Rezistența la deformare, ce stă la baza concepției structurilor la sarcini de exploatare, este caracterizată de un punct de pe curba caracteristică, începând de la care se observă o creştere pronunțată a deformației de la o mărire nesemnificativă a efortului. La temperaturi de peste 600°C, această caracteristică se diminuează, devenind rotunjită.

Conform prevederilor Convenției europene pentru construcții din oțel, relațiile care indică variația rezistenței de curgere în funcție de temperatură sunt:

Pentru $0 < T_c \leq 600°C$:

$$F_y = F_{y0}\left(1 - \frac{T_c}{767\ln\frac{T_c}{1750}}\right)$$

Pentru $0 < T_c \leq 1000°C$:

$$F_y = F_{y0}\frac{\left(108 - \frac{T_c}{1000}\right)}{T_c - 440}$$

unde: F_y este rezistența la curgere la o anumită temperatură T_c;

F_{y0} – rezistența la curgere la temperatură inițială.

La temperaturi de 600°C, rezistența la curgere se diminuează cu 15%.

Rezistența la întindere a oțelului laminat la cald are o variație asemănătoare cu rezistența la curgere.

La structurile din beton armat rezistența la foc depinde de proprietățile materialului și de conformarea secțiunii elementului structural.

Protecția suplimentară a elementelor de rezistență din beton armat cu plăci din ipsos armat (ipsos-carton cu fibre de sticlă) oferă o soluție cu maximum de eficiență la foc.

Rezistența la foc la structurile din beton armat se determină mai dificil datorită faptului că temperatura variază neuniform în secțiunea transversală pe durata incendiului.

Proprietățile mecanice și termice ale betonului armat variază cu timpul și cu poziția din cadrul secțiunii.

Aceste proprietăți, în timpul incendiului, au un domeniu larg de variație. Toți acești factori concură la o rezolvare matematică dificilă a predicției rezistenței la foc la structurile din beton armat.

Rezistența la foc a stâlpilor din beton armat impune dimensiuni minime ale acestor elemente și ale acoperirii cu beton a armăturii verticale de rezistență.

Rezistența la foc a unui stâlp cu secțiune dreptunghiulară va impune o dimensiune minimă (în cazul secțiunii circulare, diametrul $d < 1{,}2\ b_{min}$):

$$b_{min} = C_1 \cdot f \cdot (R + C_2)$$

unde: b este factorul ce reprezintă raportul între capacitatea portantă calculată a stâlpului și rezistența necesară pentru preluarea încărcărilor specifice și este în funcție de produsul $k \cdot h$, în care:

k este factorul lungimii efective;

h – înălțimea liberă a stâlpului.

Valorile factorului f:

– pentru $k \cdot h < 3{,}7$ m, sunt cuprinse între 1,0 şi 0,8;

– 3,7 m < $k.h$ < 7,4 m, sunt cuprinse între 1,2 şi 1 – pentru $b < 30{,}5$ cm şi $p < 3\%$ (în care b este latura sau diametrul stâlpului, p este procentul armăturii verticale):

– în celelalte cazuri, sunt cuprinse între 1 şi 0,8.

R – rezistența la foc [h];

$C_1 = 3{,}2$ pentru secțiune dreptunghiulară a stâlpului din beton pentru domeniile $k \cdot h$ <3,7m; 3,7 m < $h \cdot k$ < 7,4 m şi dimensiunile şi armarea stâlpului $b > 30{,}5$ cm, $p < 3\%$;

$C_1 = 4$ pentru secțiune dreptunghiulară a stâlpului din beton şi în condiția în care 3,7 m < $k.h$ < 7,4 m şi $b < 30{,}5$ cm, $p < 3\%$;

$C_1 = 3$ pentru secțiune dreptunghiulară a stâlpului din beton uşor, în condiția în care 3,7 m < $k \cdot h$ < 7,4 m şi $b < 30{,}5$ cm, $p < 3\%$;

$C_2 = 0{,}75$ pentru secțiune dreptunghiulară a stâlpului din beton şi în condiția în care $k \cdot h < 3{,}7$ m şi 3,7 m < $k \cdot h$ <7,4 m împreună cu $b < 30{,}5$ cm, $p < 3\%$;

$C_2 = 1$ pentru secțiune dreptunghiulară a stâlpului din beton şi în condiția în care $k \cdot h < 3{,}7$ m şi 3,7 m < $k.h$ <7,4 m împreună cu $b < 30{,}5$ cm, $p < 3\%$;

$C_2 = 1$ pentru secțiune dreptunghiulară a stâlpului din beton uşor, în condiția în care $k \cdot h < 3{,}7$ m şi 3,7m < $k \cdot h$ <7,4 m, împreună cu $b < 30{,}5$ cm, $p < 3\%$.

La dimensiunea minimă a stâlpului b_{min} se adaugă condiția de acoperire minimă cu beton a armăturii verticale de rezistență, pentru a preveni atingerea unei temperaturi excesive în oțel.

Acoperirea minimă cu beton a_{min} pentru armătura verticală de rezistență este:

- pentru $R < 3$ h: $a_{min} = R$ sau 5 cm (se va considera valoarea minimă);
- pentru $R > 3$ h: $a_{min} = 0,5\ (R - 3) + 2$.

Rezistența la foc a plăcilor din beton armat. Placa din beton armat va ceda din cauza transferului excesiv de căldură, în timpul incendiului, când pe fața neexpusă se va atinge temperatura de 120°C. Rezistența la foc este timpul consumat până la atingerea acestei temperaturi.

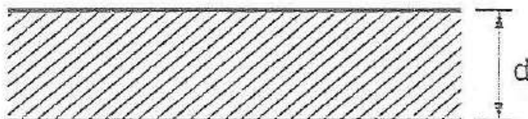


Fig. 2.19. Placa din beton armat monolit.

În cazul planșeelor din materiale asociate (element de rezistență din beton armat și tavan din plăci din ipsos armat), a fost luat în considerare suplimentar și criteriul de cedare pentru armătura din oțel. Cedarea plăcii a fost considerată la atingerea temperaturii de 595°C. Determinarea rezistenței la foc va lua în considerare o grosime minimă a stratului de acoperire cu beton a armăturii.

Plăci din beton armat monolit, cu greutate normală. Rezistența la foc, respectiv timpul pentru obținerea unei creșteri a temperaturii de cedare (121°C) pe suprafața neexpusă, se determină cu relația rezultată din modelarea datelor experimentale:

$$R_m = 0,205 \cdot \frac{(\rho \cdot c)^{1.2} \cdot d^{1.85}}{k^{0.65}}$$

în care: R_m este rezistența la foc a plăcii din beton armat, pe baza criteriului transmisiei căldurii H:

d – grosimea plăcii [cm];

ρ – densitatea betonului armat [kg/m^3];

c – căldură specifică a betonului [W/kg°C];

k – conductivitatea termică a betonului [W/m·°C]. În cazul în care nu se dețin date referitoare la proprietățile termice ale betonului armat, se vor considera următoarele valori pentru caracteristicile de mai sus: beton greu, k = 1,0 W/m·°C; beton ușor, k = 0,45 W/m·°C; c = 0,20 W/m·°C, pentru beton greu sau ușor.

În acest caz, relația de mai sus va deveni:

$$R_m = 0{,}03\ (0{,}05)\rho^{1.2}\cdot d^{1.85}$$

Se va considera 0,03 pentru beton greu și 0,05 pentru beton ușor.

Plăci duble, cu strat intermediar de aer. În cazul elementelor de construcție alcătuite din două plăci de beton separate de un gol continuu de aer, rezistența la foc, în cazul unei creșteri până la temperatura de cedare (121°C), pe suprafața neexpusă, este dată de relația:

$$R_m = 0{,}205\cdot\frac{(\rho\cdot c)^{1.1}\cdot d_1^{1.6}}{k^{0.5}}$$

în care: d_1 este grosimea unei plăci [cm];

ρ – densitatea betonului armat [kg/m^3];

c – căldura specifică a betonului [W/kg°C];

k – conductivitatea termică betonului [W/m·°C].

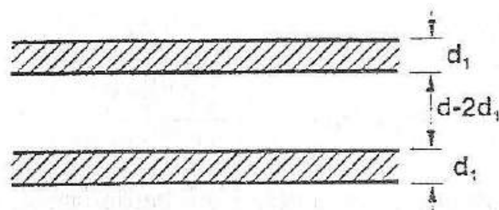


Fig. 2.20. Plăci duble, cu strat intermediar de aer.

În cazul în care nu se dețin date referitoare la proprietățile termice ale betonului armat, se vor considera următoarele valori pentru caracteristicile de mai sus:

$k = 1,0$ – beton greu [W/m·°C];

$k = 0,34$ – beton ușor [W/m·°C];

$c = 0,20$ – beton greu sau ușor [W/m·°C].

În acest caz, relația de mai sus va deveni:

$$R_m = 0,13\ (0,216)\rho^{1,2} \cdot d^{1,85}$$

În această relație se va considera 0,13 pentru beton greu și 0,216, pentru beton ușor.

Plăci din beton armat, cu goluri. Pentru determinarea rezistenței la foc, plăcile cu goluri se vor considera plăci monolite, în dreptul nervurilor, și plăci duble cu strat de aer, în dreptul golurilor.

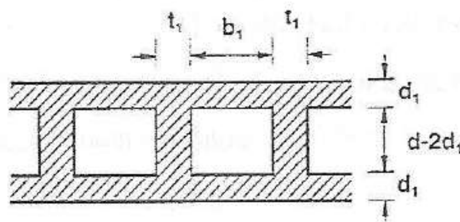


Fig. 2.21. Placă din beton armat, cu goluri.

Rezistența la foc a acestor plăci este dată de relația:

$$R_{mg} = \left[\frac{1}{\dfrac{t_1/b_1}{(R_m)0,5} + \dfrac{1 - t_1/b_1}{(R_{m2})0,5}} \right]^2$$

în care: R_m este rezistența la foc a unei plăci din beton monolit [h];

R_{m2} – rezistența la foc a plăcii duble din beton armat [h];

t_1 – grosimea nervurii din beton armat [cm];

b_1 – distanța dintre axele celor două nervuri din beton armat [cm].

Placa bistrat este alcătuită dintr-un strat de beton greu și unul din beton ușor.

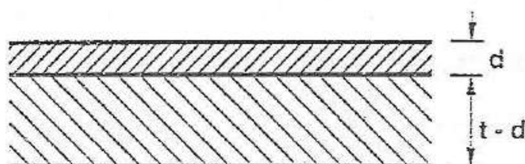


Fig. 2.22. Placa bistrat.

Rezistența la foc, bazată pe o creștere a temperaturii de cedare până la 121°C, pe fața neexpusă, se calculează, în condițiile unui mediu cu umiditate relativă între 50 și 75%, cu relația:

$$R_b = C_1 \cdot \left(C_2 \cdot t^2 - C_3\, t \cdot d + \frac{C_4}{t} - C_5 \cdot d^2 \right)$$

în care: R_b este rezistența la foc a plăcii bistrat [ore];

t – grosimea totală a plăcii bistrat [cm];

d – grosimea stratului de bază (de rezistență) [cm];

C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 – coeficienți conform tabelului 2.13.

Tabelul 2.13

Valorile coeficienților C_1-C_5

Stratul de bază	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Beton greu	0,057	2	1	6	0
Beton ușor	0,063	1	–1	4	1

Fâșia de bază, din beton greu sau beton ușor, poate fi acoperită cu un strat superficial.

Acesta poate fi alcătuit din:

– plăci din ipsos armat (plăci din ipsos-carton cu fibre de sticlă);

– beton celular (ρ = 250-350 kg/m^3);

- beton cu vermiculit și perlit (ρ = 350 kg/m^3);
- mortar ipsos-nisip;
- mortar ciment-nisip.

Stratul superficial poate fi transformat într-o grosime echivalentă a ...ia din componentele plăcii bistrat. Grosimea echivalentă poate fi adăugată ...simii plăcii de bază, pentru a determina rezistența la foc a plăcii bistrat.

Rezistența la foc se determină cu relația de mai sus, la care se adaugă ...ecții ce multiplică grosimea stratului superficial pentru a obține grosimea ...valentă.

Factorii de multiplicare, pentru grosimea echivalentă a stratului super...cial, sunt:

- în plăci de ipsos-carton armate cu fibre de sticlă, în cazul fâșiei de ...ză din beton greu, are valoarea 3, iar la fâșia de bază din beton ușor, ...loarea 2,25;
- în cazul mortarului ipsos-nisip are valoarea 1,25, pentru fâșia de ...ză din beton greu, și 1 pentru fâșia de bază din beton ușor.

La plăcile bistrat poate apărea o cedare suplimentară în cazul ele...ntelor de rezistență orizontale (planșeu curent sau acoperiș), datorită ...șterii excesive a temperaturii în armătura normală sau/și de precomprimare.

Cedarea intervine când se atinge temperatura critică în oțelul din ...atură, la planșeele curente și de acoperiș. Valorile temperaturilor critice ... 427°C, pentru oțelul precomprimat, și 598°C, pentru armătura obișnuită.

Acoperirea minimă cu beton a armăturii se va determina și din ...diția măririi timpului până la atingerea temperaturii critice în armătura ...ementelor din beton armat.

Acoperirea minimă a armăturii de rezistență din elementele de beton ...mat (planșeu obișnuit sau de acoperiș) este dată în funcție de rezistența la foc.

În cazul stratului de bază din beton armat, pentru o rezistență la foc de o oră, acoperirea se consideră 2 cm, iar pentru o rezistență la foc de 4 ore, acoperirea se ia 22 cm.

Concluzii. Rezistența la foc la structurile din beton armat este influențată atât de proprietățile mecanice și termice ale materialului, cât și de conformarea secțiunii elementului (placă unistrat, placă cu strat intermediar de aer, placă cu nervuri). Rezistența la foc a plăcilor din beton armat este indicată în funcție de conformarea secțiunii elementului. Factorii care o influențează sunt: proprietățile materialului (densitate, căldură specifică, conductivitate termică), dimensiuni geometrice (grosimea plăcii). Relațiile rezistențelor la foc determinate pentru elementele structurale din beton armat se pot utiliza în proiectare, pentru predicția comportării la incendiu.

Pentru mărirea protecției la foc a elementelor structurale din beton armat, acestea se vor proteja cu materiale rezistente la foc cu densitate redusă. Ipsosul armat, datorită proprietăților specifice (la incendiu, apa legată chimic se elimină, acționând ca un consumator de energie termică, deci, ca apă de stingere), reprezintă soluția eficientă de izolare la foc a elementelor structurale din beton armat.

2.8. Gruparea acțiunilor

Grupările utilizate în calcul sunt:

a) *Grupări fundamentale*:

- acțiuni permanente;
- acțiuni temporare, a căror prezență simultană este practic posibilă.

b) *Grupări speciale*:

- încărcări datorate acțiunii permanente;

- încărcări datorate acțiunii temporare, a căror prezență poate fi excepțională în cazul apariției unei acțiuni de acest gen;
- acțiuni excepționale.

2.9. Terminologie

Tabelul 2.14

Nr. crt.	Termen	Definiție	Simbol
1	2	3	4
1.	Acțiune	Orice cauză capabilă de a genera stări de solicitare mecanică într-o construcție	
2.	Încărcare	Reprezentare a unei acțiuni, utilizată în cadrul structurilor. În cadrul încărcării apar: sisteme de forțe, de deplasări sau deformații impuse etc. Pentru care se precizează parametri de natura: punctelor de aplicații, orientărilor, intensităților, amplitudinilor, frecvențelor etc. Încărcările sunt reprezentate grafic prin scheme de încărcare.	
3.	Coeficient al încărcării	Coeficient care face legătura între o valoare normată și o valoare de calcul a unui parametru care intervine în schemele de încărcare, în vederea considerării abaterilor întâmplătoare practic posibile, în sens defavorabil față de valorile normate	
4.	Grupare de încărcări	Ipoteză de calcul în care se consideră simultan mai multe încărcări, prin intermediul unor valori de calcul afectate de coeficienții de grupare	
5.	Coeficient de grupare	Coeficient care afectează o valoare de calcul pentru o acțiune considerată într-o grupare, astfel încât efectele acestei grupări să corespundă unei asigurări raționale	
6.	Coeficient de siguranță pentru materiale	Coeficient aplicat valorilor normate ale rezistențelor, în vederea obținerii valorilor de calcul de bază omoloage. Prin acest coeficient se introduc efectele variabilității statistice a calității materialelor și, în anumite limite, ale caracteristicilor geometrice ale elementelor de construcții	

Tabelul 2.14 (continuare)

1	2	3	4
7.	Coeficient al condițiilor de lucru	Coeficient aplicat valorilor de calcul de bază al rezistențelor, respectiv capacităților portante, prin care se corectează simplificările introduse de schemele admise în calcule și se consideră abaterile sistematice datorită diverșilor factori. Observație. *Coeficientul condițiilor de lucru poate să se refere la un material sau la un element de construcție.*	
8.	Stare limită	Stare a cărei atingere implică pierderea capacității de a satisface condițiile de exploatare legate de destinația stabilită sau apariția unor pericole pentru viața sau sănătatea oamenilor, respectiv pentru bunuri materiale sau culturale a căror conservare depinde de construcția respectivă	
9.	Siguranță a unui element de construcție în raport cu o stare limită	Proprietatea caracterizată printr-o probabilitate suficient de mare de a satisface pe toată durata de serviciu prevăzută o condiție de neatingere a stării limită considerate	
10.	Asigurarea unui element de construcție sau a unei construcții	Adoptarea unei soluții care să implice limitarea, la valori dorite, a probabilităților de atingere și depășire a diferitelor stări limită	
11.	Valoarea normată a unui parametru	Valoare de referință, stabilită ca o caracteristică globală a distribuției valorilor acestui parametru, considerat ca o variabilă aleatorie. Observație. *Valorile normate pot să se refere la acțiuni, materiale sau elemente de construcție*	
12.	Valori de calcul ale unui parametru	Valori obținute, de regulă, prin înmulțirea valorii normate cu un coeficient prin care se introduce influența variabilității statice a parametrului considerat și care sunt depășite în sens defavorabil cu o probabilitate redusă. Observație. *Valorile de calcul pot să se refere la acțiuni, materiale sau elemente de construcție*	
13.	Valoare limită	Valoare de calcul, definită pentru un parametru al unei acțiuni, utilizată în verificarea la o stare limită ultimă	
14.	Valoare de exploatare	Valoare de calcul, definită pentru un parametru al unei acțiuni, utilizată în verificarea la o stare limită a exploatării normate.	

3.

HIGROTERMICA CONSTRUCȚIILOR

3.1. Elemente generale. Confortul termic

Prin destinația lor, clădirile de locuit și social-culturale trebuie să satisfacă cerințele de viață ale oamenilor. Activitatea generală a omului constă dintr-o perioadă de muncă, urmată de o perioadă de odihnă – repaus. În perioada de activitate a omului are loc catabolismul – proces ce se caracterizează prin consumarea rezervelor de energie și acumularea unor substanțe nocive care produc tulburări și ale căror efecte pot fi micșorate prin asigurarea corespunzătoare a mediului de lucru. Aceste procese fiziologice determină condițiile funcționale și exigențele higrotermice ale clădirilor.

În perioada de odihnă are loc fenomenul de anabolism, prin care organismul elimină substanțe nefolositoare, acumulând energie potențială. Procesul de anabolism este influențat de catabolism și de condițiile de mediu.

Confortul poate fi definit ca expresia armonioasă dintre om și mediul înconjurător.

Prin grad de confort la clădiri se înțelege ansamblul de valori care caracterizează totalitatea modificărilor calitative și cantitative produse asupra organismului uman de acțiunea factorilor care influențează mediul din încăpere.

Cunoașterea caracteristicilor higrotermice ale elementelor de construcție și studiul termic și de umiditate al construcțiilor are la bază

schimbul de căldură prin conducție, convecție, radiație și masă între elementele de construcție, de temperaturi și umiditate diferite, între clădiri și mediul înconjurător.

Factorii principali de care depinde confortul termic sunt: temperatura aerului interior T_i și temperatura medie a suprafețelor delimitatoare $T_{med.}$ Asigurarea confortului termic interior presupune în afara menținerii temperaturii aerului la o anumită valoare și o repartiție uniformă a acesteia pe verticală și pe orizontală.

Elementele de construcție influențează confortul termic prin temperatura medie a suprafețelor lor interioare sau prin temperatura medie radiantă T_{med}:

$$T_{med.} = \sum_{i=1}^{n} f_i . T_{si}$$

unde: f_i este cota-parte ocupată de suprafața i în raport cu suprafața perimetrală a încăperii (procente);

T_{si} – temperatura suprafeței interioare a elementului de construcție.

În figura 3.1 este prezentată dependența confortului interior față de temperatura medie a suprafeței elementelor de construcție, de umiditatea aerului interior și de viteza de circulație a aerului interior.

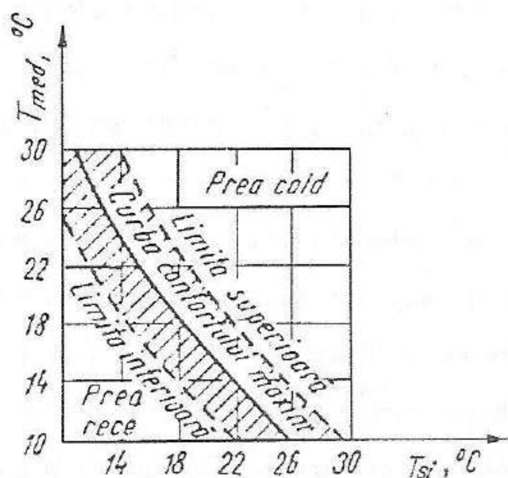


Fig. 3.1. Dependența confortului termic față de temperatura aerului interior și de temperatura medie de radiație.

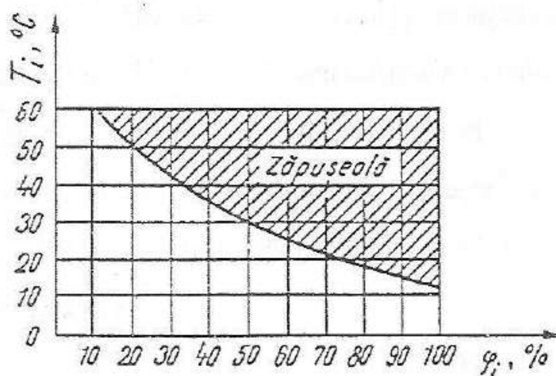


Fig. 3.2. Dependența confortului termic față de temperatura aerului interior și de umiditatea relativă a acestuia.

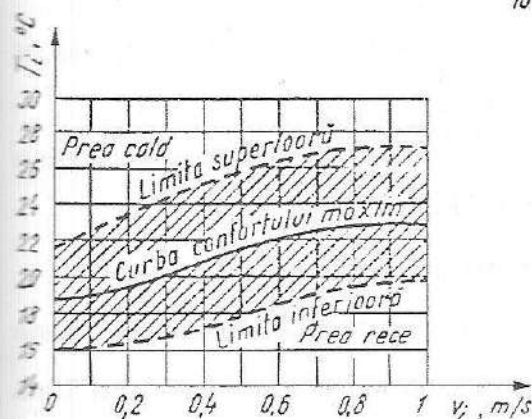


Fig. 3.3. Dependența confortului termic față de temperatura aerului interior și de viteza de circulație a acestuia.

3.2. Transferul de căldură în construcții în regim staționar

Caracteristicile higrotermice ale elementelor de construcție, studiul termic și de umiditate al construcțiilor au la bază schimbul de căldură prin convecție, radiație, conducție și masă între elementele de construcție cu temperaturi și umidități diferite și între clădiri și mediul înconjurător.

Temperatura reprezintă gradul sau starea de căldură a unui mediu și se întâlnesc noțiunile de: temperatura medie a aerului, temperatura aerului la interior și la exterior, temperatura suprafețelor interioare și exterioare, temperatura de saturație.

Umiditatea este proprietatea unui corp sau a unui mediu ambiant de a absorbi și de a reține o anumită cantitate de apă sau vapori de apă. În con-

structții se utilizează noțiunile de: umiditatea absolută a aerului, umiditatea relativă a aerului umed la interior și exterior.

În orice mediu, temperatura, într-un punct, la un moment dat, are o valoare unică și bine definită, fiind un parametru scalar de stare f (timp (τ)).

Se poate exprima scalar:

$$\theta = f(x, y, z, \tau)$$

sau vectorial:

$$\bar{\theta} = f(r, \tau)$$

Confortul termic este o funcție $f(\bar{r}, \tau)$, în care:

$$\bar{r} = x\bar{i} + y\bar{j} + z\bar{k}$$

și reprezintă vectorul de poziție al punctului considerat.

Totalitatea punctelor cu aceeași temperatură ale unui corp, la un moment dat, definește o zonă izotermă de temperatură θ. Atunci când temperatura nu variază cu timpul, $\theta(\tau)$ = constant, suprafețele izoterme prezintă în orice moment valori constante și caracterizează regimul staționar sau permanent de temperatură. În acest caz, fluxul termic este constant și câmpul termic ce caracterizează valorile temperaturilor este constant. Dacă temperatura variază în timp – este un regim termic nestaționar sau variabil.

Transmisia căldurii prin convecție are loc în special la lichide și gaze. Fenomenul are loc la elemente de construcție între suprafața acestora și aerul sau lichidul înconjurător.

Transmisia energiei termice prin radiație are loc sub formă de unde electromagnetice (lungimea de undă λ = 4,4-400 μ). Fenomenul intervine între corpuri (de exemplu, elementele de încălzire).

Având în vedere structura capilară poroasă a materialelor elementelor de construcție, transmisia căldurii are loc prin conducție și, în măsură mai

mică, prin convecție. Între elementele de construcție și mediul înconjurător transmisia căldurii are loc în primul rând prin convecție și, în mai mică măsură, prin radiație.

Datorită diferenței de temperatură și umiditate dintre aerul interior și cel exterior are loc transferul de căldură și umiditate – fenomene ce se pot studia în regim staționar sau nestaționar.

Teoria transferului de căldură și masă este fundamentată pe legea conservării și transformării energiei, precum și pe principiile creșterii entropiei.

Relațiile proceselor termodinamice ireversibile care admit o matrice simetrică de coeficienți se prezintă sub formă generală:

$$\overline{J_{ik}} = \sum_{k,k=1}^{n} L_{ik}.\overline{F_k}$$

unde: $\overline{J_{ik}}$ este fluxul de căldură;

L_{ik} – coeficienții fenomenologici (conductivitate, difuzie etc.);

$\overline{F_{ik}}$ – forțe termodinamice (gradient de temperatură, potențial de transfer de masă etc.).

3.2.1. *Transmisia căldurii prin conducție*

Pentru structuri de elemente de construcție omogene, în cazul transmisiei termice prin conducție, în regim staționar, cantitatea de căldură se exprimă cu relația (pe baza ecuației Fourier):

$$Q = \lambda \frac{S(Q_{si} - Q_{se})}{d}$$

în care: Q este cantitatea de căldură;

λ – coeficient de conductivitate termică $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{mh°C}}; \frac{\text{W}}{\text{m°C}}; \frac{\text{W}}{\text{mK}}\right]$;

S – suprafața elementului omogen de construcție;

Q_{si}, Q_{se} – temperaturile [°C, K];

d – grosimea elementului [m];

Se precizează următoarele:

1 kcal = 4186 J;

1 W = 0,86 kcal/h;

1 kcal/h = 1,163 W.

Caracteristica termofizică λ reprezintă cantitatea de căldură ce trece printr-un element de construcţie cu suprafaţa de 1 m^2, grosime de 1 m, timp de 1 h pentru o diferenţă de temperatură de 1°C.

Materialele termoizolatoare caracterizate prin valori mici λ se clasifică astfel:

- după rigiditate:
  - rigide (cărămizi);
  - elastice (saltele, rogojini);
  - coezive (celulare, fibroase);
  - necoezive (fibroase, granulare).
- după natura materiei prime:
  - organice;
  - anorganice.

Valorile practice ale coeficientului λ depind de:

- densitatea, porozitatea materialelor;
- structura fizică a materialelor;
- umiditate.

În calculul termic se ia în considerare coeficientul de conductivitate termică al materialelor în stare umedă, corespunzător umidităţii de echilibru:

$$\lambda_u = \lambda_o \left(1 + \frac{\eta \, W_v}{100} \right),$$

unde: λ_0 este coeficient de conductivitate termică în stare uscată;

η – coeficient de creştere a conductivităţii materialului pentru o creştere a umidităţii cu 1%;

W_v – umiditatea materialului în condiţii de exploatare.

Pentru principalele materiale de construcţie, creşterea conductivităţii termice sub influenţa umidităţii normale de exploatare prezintă următoarele valori:

- cărămidă plină 20%;
- cărămidă GVP 30%:
- beton uşor 45-80%;
- beton compact 55%;
- lemn 20%.

Temperatura materialului conduce la creşterea conductivităţii termice. Dependenţa celor două materiale poate fi exprimată prin relaţia lui Vlasov:

$$\lambda_\theta = \lambda_o (1 + \beta\theta)$$

în care: λ este conductivitatea termică a materialului la temperatura de 0°C;

β – coeficient de proporţionalitate, şi are valoarea 0,0025;

θ – temperatura medie de exploatare a elementului de construcţie.

Din punct de vedere al condiţiilor de climat interior care acţionează asupra elementelor de construcţie, se disting diferite tipuri (tabelul 3.1).

Tabelul 3.1

Tipuri de climat

Tipul de climat	Umiditatea relativă a aerului φ [%]	Presiunea vaporilor de apă [torr]
Uscat	< 50	8
Normal	50 < φ < 60	8-10
Umed	φ > 60	10-12.5

Permeabilitatea termică este o caracteristică termofizică exprimată prin raportul $\frac{\lambda}{d}$ [kcal/m²h°C]. Se definește ca fiind cantitatea de căldură transmisă prin conducție, printr-o suprafață de 1 m² a elementului de construcție de grosime d, timp de 1 h și pentru o diferență de temperatură între cele două fețe ale elementului de 1 °C. Materialele izolatoare se caracterizează prin tasare prin acțiunea încărcărilor permanente și utile, aspect care se manifestă prin micșorarea grosimii stratului termoizolator și, implicit, printr-o creștere a densității aparente și a conductivității termice.

Acest aspect se ia în considerare la stabilirea rezistenței la permeabilitate termică reală a elementului de construcție prin:

$$R = \frac{d}{b\lambda} = \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{b_i.\lambda_i}$$

unde: b este un coeficient de calitate al materialului termoizolant, având valori cuprinse între 1 și 1,3.

3.2.2. Transmisia căldurii prin convecție

Propagarea căldurii prin convecție are loc între elemente de construcție și aer sau lichide.

Cantitatea de căldură primită sau cedată de un perete prin convecție se calculează astfel:

$$q_c = \alpha_c S\ (T_i - T_{si})\tau;$$

unde: S este suprafața elementului de construcție [m²];

α_c – coeficient de transfer termic prin convecție – cantitatea de căldură primită sau cedată într-o oră de 1 m² suprafață de perete, când diferența de temperatură este de 1°C;

T_i, T_{si} – temperaturi; dacă: $T_i - T_{si} > 5^{\circ}\text{C}$, atunci:

$$\alpha_c = 3 + 0{,}08\,(T_i - T_{si})$$

3.2.3. *Transmisia căldurii prin radiație*

Cantitatea de căldură transmisă prin radiație variază proporțional cu temperatura absolută a corpului (relația Stephan Boltzmann):

$$q_r = c_r\left(\frac{T}{100}\right)^4,$$

unde: q_r este fluxul de căldură radiată [kcal/m^2·h];

c_r – coeficient de radiație [kcal/m^2·h·K^4];

T – temperatura suprafeței [K].

Cantitatea de căldură primită prin radiație:

$$Q_r = c_r S\left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right] \text{ [kcal/h]}$$

unde: $T_1 = T_i + 273$;

$T_2 = T_e + 273$.

3.2.4. *Transmiterea căldurii prin convecție și radiație*

Căldura totală primită de suprafața interioară a peretelui exterior și căldura cedată prin suprafața exterioară a peretelui reprezintă suma căldurii primite sau cedate prin convecție și radiație.

Acest aspect este relevat prin coeficienții α_i și α_e, denumiți coeficienți de transfer termic:

$$\alpha_i = \alpha_e + \alpha_r$$

$$R_i = \frac{1}{\alpha_i};\quad R_e = \frac{1}{\alpha_e}$$

3.3. Comportarea și caracteristicile higrotermice ale elementelor de construcții

În vederea asigurării cerințelor funcționale, la construcțiile civile este necesară izolarea termică a elementelor de construcții. Alegerea modului de alcătuire a elementelor de construcții se face pe baza calculelor termotehnice, având ca scop:

– realizarea termică specifică necesară asigurării climatului interior, limitarea fluxului termic și economisirea energiei în exploatarea clădirilor;

– evitarea apariției condensului;

– rezistența corespunzătoare la permeabilitatea vaporilor;

– stabilitatea termică necesară pentru limitarea oscilațiilor temperaturii aerului interior și la suprafața interioară a elementelor de construcție;

– rezistența la infiltrația aerului pentru limitarea reducerii capacității de izolare termică datorată permeabilității la aer a elementelor de construcție.

Pentru elementele interioare, verificarea prin calcule termotehnice se face numai dacă delimitează două încăperi cu diferență de temperatură interioară de 5 K sau și de umiditatea relativă a aerului mai mare de 15%.

Pentru asigurarea confortului, la clădiri civile este necesar ca pierderile de căldură prin pereți, ferestre și uși să fie limitate. Această cerință implică:

$$R_{0c} = \frac{R_0}{m} \geq R_{0nec}$$

unde: R_{0c} este rezistența termică corectată a peretelui;

m – coeficient de masivitate;

$R_{0\,nec}$ – rezistența termică necesară, în m^2 K/W.

Rezistența specifică la permeabilitate termică a unui element dintr-un singur strat se calculează astfel:

$$R_0 = \frac{d}{b \cdot \lambda} \qquad [\mathrm{m^2\,K/W}]$$

unde: d este grosimea de calcul a materialelor;

λ – conductivitatea termică a materialului;

b – coeficient de corecție, care are în vedere tehnologia de execuție a elementelor, natura și forma materialului termoizolant, modificarea valorii conductivității termice prin creșterea densității aparente a materialului.

Pentru elemente alcătuite din mai multe straturi:

$$R = \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{b_i \lambda_i}$$

Rezistența specifică la permeabilitate termică a elementelor de construcție se calculează separat pentru fiecare încăpere.

Pentru elementele de construcție alcătuite din mai multe straturi omogene, dispuse paralel cu fluxul termic, precum și pentru elemente de construcții cu structura neomogenă:

$$R_s = e \cdot \frac{S_1 + S_2 + \ldots S_n}{\frac{S_1}{R_{s1}} + \frac{S_2}{R_{s2}} + \ldots \frac{S_n}{R_{sn}}} \qquad \left[\frac{\mathrm{m^2K}}{\mathrm{W}}\right]$$

unde: $S_1 \ldots S_n$ reprezintă suprafețele zonelor distincte din punct de vedere termic, în m^2, și se calculează ca suma elementelor opace ale elementelor de construcție;

$R_{si1}.R_{sin}$ – rezistențele specifice la permeabilitate termică corespunzătoare suprafețelor $S_1 \ldots S_n$;

e – coeficient de corecție care are în vedere influența zonelor adiacente;

$$e = \frac{100 - p}{100};$$

p – procentul de punți termice care, de regulă, se recomandă a fi $p \leq 15\%$. Când $p \geq 15\%$, se aplică metoda elementelor finite.

Rezistența termică specifică a elementelor de construcție corespunde regimului termic staționar și se calculează cu relația:

$$R_{0s} = R_{si} + R_{st} + R_{se}$$

Calculul rezistenței minime la transfer termic are în vedere respectarea relației:

$$R_{0s} \geq R_{0\ nec}$$

Rezistența minimă la transfer termic se calculează cu relația:

$$R_{0\ nec} = \frac{m(T_i - T_e)}{\alpha_1 \cdot \Delta T_{i\ max}}$$

unde: T_i este temperatura aerului interior (conform STAS 1970/2-80);

T_e – temperatura aerului exterior (conform STAS 6472/2/84);

α_i – coeficient de transfer termic;

$\Delta T_{i\ max}$ – diferența de temperatură admisă între temperatura aerului interior și temperatura medie ponderată a suprafeței interioare a elementului de construcție;

m – coeficient de masivitate termică a elementului de construcție;

$$m = 1,225 - 0,05\ D,$$

D – indicele de inerție termică;

$$D = \frac{d}{\lambda} \cdot S$$

unde: d este grosime strat;

λ – conductivitate;

S – coeficient de asimilare termică.

Verificarea temperaturilor pe suprafaţa interioară a elementelor de construcţie are în vedere evitarea fenomenului de condens.

$$T_{si} = T_i - \frac{T_i - T_e}{\alpha_i \cdot R_{os}}$$

unde: $T_{si} \geq \tau_r$ (temperatura punctului de rouă).

3.4. Stabilitatea termică a elementelor de construcţie

Proiectarea la stabilitate termică a componentelor de construcţie urmăreşte asigurarea condiţiilor de confort termic în încăperi, atât în perioada sezonului rece cât şi în perioada sezonului cald.

Stabilitatea termică se determină pentru zona opacă a pereţilor exteriori şi se apreciază prin indicele de inerţie termică *D*.

Pentru elemente de construcţie cu un singur strat, indicele de inerţie termică se calculează astfel:

$$D = \frac{d}{\lambda} S = RS$$

Indicele inerţiei termice al unui element de construcţie alcătuit din mai multe straturi se calculează astfel:

$$D = \sum_{j=1} R_{sj} \cdot S_{mj}$$

În cazul elementelor de construcţie cu zone distincte din punct de vedere termic:

$$D = \frac{S_1 D_1 + ... + S_n D_n}{S_1 + ... + S_n}$$

unde: S_1, ...S_n este coeficientul de asimilare termică al materialului pe o perioadă de 24 ore;

λ – coeficientul de conductivitate termică al materialului, în W/m·K;

$d_1, \dots d_n$ – grosimea straturilor, în m.

Coeficientul de asimilare termică S depinde de caracteristicile termo-fizice ale materialelor folosite şi se determină cu relaţia:

$$S = 0{,}51\sqrt{\lambda c \rho} \left[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2K}}\right]$$

în care: λ este conductivitatea termică a materialului, în W/mK;

c – căldura specifică, în J/K;

ρ – greutatea specifică aparentă, în kg/m^3.

Coeficientul de stabilitate termică φ_i al elementelor de închidere se determină cu relaţia:

$$\varphi_i = \frac{T_i - T_e}{T_i - T_{si,\,min}}$$

în care: T_i, T_e reprezintă temperatura aerului interior şi exterior;

$T_{si,\,min}$ – temperatura minimă a suprafeţei interioare a elementelor de închidere.

Pentru a constitui un criteriu de performanţă pentru pereţii exteriori, coeficientul φ_i trebuie să fie mai mare decât valorile minime normate, stabilite conform prescripţiilor tehnice.

3.5. Cerinţe ale elementelor de construcţie privind asigurarea confortului termic interior

Asigurarea confortului interior pe timp de iarnă implică respectarea simultană a următoarelor exigenţe:

– evitarea zonelor reci în câmpul elementelor prin stabilirea condiţiei:

$$\Delta T_i = T_i - T_{si} \leq \Delta\, T_{si\,max} = 4°\mathrm{C};$$

– evitarea fenomenului de condens pe suprafața interioară a închiderilor perimetrale, în zona punților termice, ceea ce implică respectarea relației:

$$T_{si} = T_i - \frac{R'_{0s} + \eta(R_{0s} - R'_{0s})}{R_{0s} \cdot R'_{0s}} R_{si}(T_i - T_e) \geq \tau(R_{0s} - R'_{0s})$$

în care: T_{si} este temperatura suprafeței interioare a elementelor exterioare de construcții;

T_i – temperatura interioară a încăperii, considerată în funcție de destinație;

R'_{0s} – rezistența specifică la transfer termic în dreptul punții termice;

R_{0s} – rezistența specifică la transfer termic în câmp;

η – coeficient în funcție de tipul punții termice și de raportul dintre lățimea punții termice și grosimea elementului (conform tabelului);

R_{si} – rezistența specifică la transfer termic prin suprafața de interior (conform tabelului);

T_e – temperatura convențională de calcul a aerului interior conform zonării climatice;

τ – temperatura punctului de rouă.

Evitarea producerii condensului pe suprafața interioară a elementelor de închidere se face prin asigurarea condiției $T_{sim\ min} > T_{rouă}$.

Asigurarea confortului termic în interiorul unei încăperi se obține prin corelarea temperaturii aerului interior și a temperaturii suprafeței interioare a elementelor de închidere cu temperatura aerului exterior T_e. Valoarea medie a temperaturii aerului interior $T_{i\ med}$, care variază în funcție de T_e trebuie să fie cuprinsă între 17 și 24°C.

Caracterizarea confortului termic se poate face printr-un indicator denumit temperatură subiectivă T_{sub}. Conceptul este introdus de Parcewski şi Bevans şi, pentru viteze ale aerului $v < 0{,}1$ m/s, se determină cu relaţia:

$$T_{sub} = 0{,}56T_i + 0{,}44\ T_{rad}$$

în care: T_{rad} este temperatura medie radiantă.

Temperatura medie radiantă este media ponderată a temperaturilor suprafeţelor interioare:

$$T_{rad} = \frac{S_p \cdot T_{sp} + S_v \cdot T_v}{S_p} + S_v$$

Pentru asigurarea condiţiei de confort este necesar:

$$T_{sub} = T_{conf},$$

unde: T_{conf} este temperatura de confort, care se stabileşte în funcţie de intensitatea metabolismului uman şi de protecţia termică a îmbrăcăminţii.

Pentru aprecierea cantitativă a gradului de confort s-a stabilit indicele de confort i_c.

În general, se consideră că sunt îndeplinite condiţiile de confort termic dacă:

$$-0{,}5 < i_c < 0{,}5$$

Criteriile de apreciere a gradului de satisfacere a exigenţelor şi valorile normate corespunzătoare sunt prezentate în continuare.

A. *Rezistenţa specifică la transfer termic* în secţiunea curentă a elementului de construcţie trebuie să satisfacă valorile corespunzătoare ale rezistenţei minime necesare la permeabilitate termică:

$$R_{0s} \geq R_{0\,nec} = \frac{m(T_i - T_e)}{\alpha_i \cdot \Delta T_{i\,max}}\ [\text{m}^{-2}\text{K/W}]$$

unde: R_{0s} este rezistenţa specifică la transfer termic;

$R_{0\,nec}$ – rezistenţa maximă necesară la transfer termic;

m – coeficient de masivitate:

α_i – coeficient de transfer termic prin suprafaţa exterioară;

$\Delta T_{i\,max}$ – diferenţa maximă admisă între temperatura aerului interior T_i şi temperatura medie considerată a suprafeţei interioare S_{si};

T_e – temperatura aerului exterior (sau a spaţiului neîncălzit).

În calculele curente de dimensionare termică se adoptă pentru $R_{0\,nec}$ valoarea maximă dintre valorile rezultate din calcul.

Rezistenţa specifică la transfer termic în câmp se calculează cu relaţia:

$$R_{0s} = R_{si} + \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{\lambda_i \cdot b_i} + R_{se}$$

în care: R_{si} este rezistenţa specifică la transfer termic prin suprafaţa de la interior;

n – numărul de straturi;

d_i – grosimea stratului;

b_i – coeficient de corecţie al materialului din stratul i;

λ_i – conductivitatea termică de calcul a materialului din stratul i.

Coeficientul de masivitate termică se determină cu ajutorul relaţiei:

$$m = 1{,}225 - 0{,}05D,$$

în care: D este indice de inerţie termică şi se calculează cu relaţia:

$$D = \sum_{j=1}^{n} R_{sj} \cdot S_{mj}$$

în care: R_{sj} este rezistenţa specifică la permeabilitate termică a stratului j;

S_{mj} – coeficientul de asimilare termică al materialului.

B. *Temperatura suprafeţei interioare* a elementului exterior de construcţie, în câmp curent, se determină cu ajutorul relaţiei:

$$T_{si} = T_i - \frac{T_i - T_e}{\alpha_i \cdot R_{0s}} \geq \tau_r \text{ (temperatura punctului de rouă)}$$

în care: T_{si} este temperatura efectivă pe suprafaţa interioară a elementelor exterioare de construcţie, fără punţi termice;

T_i – temperatura aerului interior considerată în funcţie de destinaţia încăperii;

T_e – temperatura convențională a aerului exterior, conform zonării climatice;

α_i – coeficient de transfer termic prin suprafața interioară;

R_{0s} – rezistența specifică totală la transfer termic;

τ_r – temperatura punctului de rouă. Temperatura punctului de rouă este dependentă de temperatura aerului interior T_i și de umiditatea relativă a aerului interior φ_i.

Pentru a evalua performanța reală a elementelor de închidere trebuie stabilită distribuția temperaturii pe suprafața interioară a acestora, după cum urmează:

– analitic, prin metode aproximative de integrare a ecuației diferențiale a transmisiei căldurii după una, două, trei direcții;

– experimental, prin modelare analogică electrică în condiții de laborator.

Cunoscându-se câmpul termic al suprafeței interioare în zona curentă și, respectiv, în zona de influență a punților termice, se poate calcula rezistența specifică medie la transfer termic a fiecărei zone j a elementului cu relația:

$$R_{0s,\,med\,j} = \frac{T_i - T_e}{T_i - T_{si,\,med\,j}} = R_{si}$$

în care $T_{si,\,med\,j}$ este temperatura medie a suprafeței interioare, în zona considerată j.

Pe baza valorilor existente la transfer termic în secțiunea curentă și în zona punților termice, se poate stabili rezistența specifică medie la transfer termic a elementului exterior cu relația:

$$\frac{1}{R_{0s\,med}} = \frac{1}{K_{0i\,med}} = \frac{\sum_{j=1}^{n} A_j \cdot K_{0\,med}}{\sum_{j=1}^{n} A_j}$$

în care: $R_{0s\,med}$ este rezistența specifică medie la transfer termic a elementului exterior;

A_j – suprafața;

$K_{0\,med}$ – coeficient mediu de transfer termic.

Având în vedere că suprafețele elementelor de construcție se află în contact cu aerul exterior în condiții de umiditate de peste 60%, este necesară atât analiza câmpului termic cât și a câmpului de presiuni de vapori, în zona punților termice ale îmbinărilor dintre pereți sau ale celor dintre pereți și planșee.

3.6. Umiditatea construcțiilor

3.6.1. *Elemente generale*

Pentru asigurarea confortului și a durabilității clădirilor, este necesar studiul umidității acestora.

Apa, sub diferite forme, acționează permanent, de la alcătuirea materialelor constitutive la executarea și exploatarea construcțiilor.

Din punct de vedere al umidității, cerințele de igienă și confort climatic interior sunt riguros condiționate de confortul termic.

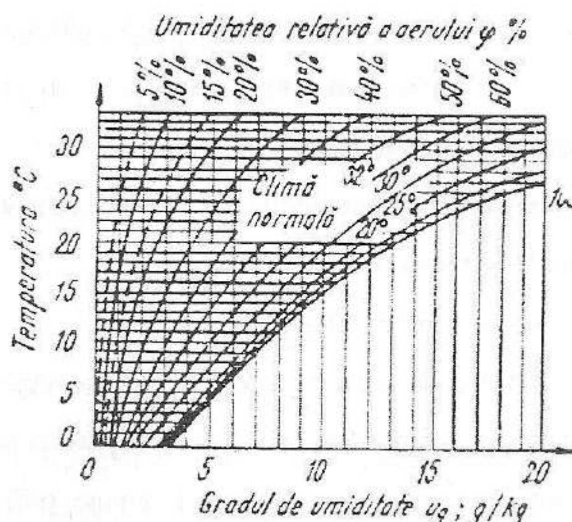


Fig. 3.4. Condiții higrotermice normale de confort pentru microclimatul interior.

Pentru majoritatea clădirilor, umiditatea relativă a aerului din încăperi trebuie să prezinte valori cuprinse între 30 şi 70%.

Pentru clădiri civile şi social-culturale, valorile optime ale umidității aerului sunt în funcție de temperatură; astfel, $\varphi_i = 55\%$ la temperatura aerului interior $T_i = 23°C$ şi $\varphi_i = 65\%$ la $T_i = 20°C$.

Sub influența umidității, conductivitatea termică, precum şi căldura specifică şi masa specifică a materialului cresc, iar izolarea termică a acestuia scade. Creşterea umidității creează condiții favorabile instalării afecțiunilor cronice pentru oameni, a mucegaiului şi a dezvoltării ciupercilor pentru clădiri care influențează structura fizică a materialelor, iar sub influența acțiunii de îngheț - dezgheț, în zona expusă apar degradări şi deformații care reduc considerabil durabilitatea construcțiilor.

Variația umidității materialelor de construcție conduce la micşorarea rezistențelor mecanice, determină tensiuni de contracție şi dilatări.

Apa poate acționa asupra construcțiilor sub forme diferite, umiditatea aerului şi a elementelor de construcții fiind rezultatul suprapunerii mai multor acțiuni:

- apa inițială de construcție (introdusă în procesul de producție);
- apa din teren, care poate acționa direct asupra fundațiilor sau datorită ascensiunii capilare;
- apa de exploatare, determinată de natura proceselor tehnologice pe care le adăposteşte clădirea;
- apa meteorologică;
- apa de natură biologică, ce intervine prin procesele de respirație, evaporare a vaporilor de apă de la suprafața pielii umane şi a viețuitoarelor. În raport cu activitatea pe care o depune, omul poate produce vapori de apă

ntitate de 50-60 g/h, în repaus, și până la 1300-6800 g/h, când efec-
ă munci fizice grele;

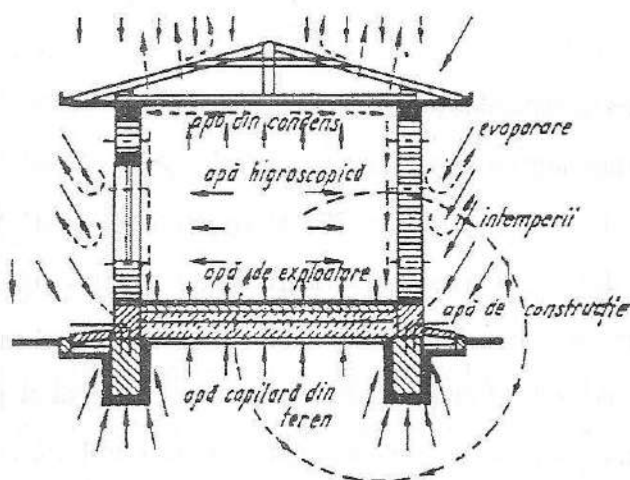


Fig. 3.5. Acțiunea apei asupra construcțiilor.

– apa higroscopică, ce se datorează acțiunii umidității aerului interior
terior asupra construcțiilor. Sub acțiunea umidității higroscopice se
ește umiditatea de echilibru a elementelor ce caracterizează
atarea construcțiilor;

– apa de condens poate interveni la suprafața interioară, exterioară și
sa elementelor de construcție, datorită condensării vaporilor de apă ce
ază prin elementele de construcție sub acțiunea gradientului de tempe-
și de umiditate, atunci când temperatura coboară sub limita valorii de
determinând creșterea umidității elementelor, în multe cazuri chiar peste
le admisibile.

Umiditatea aerului

Aerul poate conține apă într-una sau mai multe faze: gazoasă (vapori),
ă (picături) și uneori solidă (cristalizată sau amorfă).

Conținutul de vapori de apă din aer, exprimat în g/m^3, definește umiditatea sa absolută, φ_a:

$$\varphi_a = \frac{m_v}{V}$$

unde: m_v este masa vaporilor de apă, în g;

V – volumul aerului umed, în m^3.

Conținutul maxim de vapori de apă ce poate fi absorbit de aerul cu temperatura θ definește umiditatea de saturație φ_s ($\varphi_s = \varphi_{max.}$). Valorile φ_{max} pentru aer, la temperaturile $\theta = -10 \ldots +40°C$, sunt cuprinse între 21,4 și 30,3 g/m^3. Umiditatea aerului poate fi exprimată și prin raportul dintre conținutul real de vapori de apă și conținutul maxim pe care-l poate absorbi aerul la temperatura θ, ceea ce definește umiditatea sa relativă φ_r, în %:

$$\varphi_r = \frac{\varphi_a}{\varphi_s}100$$

Conținutul în vapori de apă influențează presiunea atmosferică. Presiunea parțială a vaporilor de apă caracterizează conținutul real în vapori de apă al aerului sau elasticitatea vaporilor de apă, notată cu *e și* exprimată în mm Hg sau torr. Elasticitatea sau presiunea vaporilor de apă crește cu umiditatea absolută φ_a și cu temperatura θ a aerului, conform relației:

$$e = p_v = \frac{273+\theta}{289}\varphi_a = \frac{T}{289}\varphi_a,$$

în care $T = 273 + \theta$ este temperatura absolută a aerului, exprimată în K.

În cazul în care umiditatea absolută a aerului prezintă valoarea maximă $\varphi_{max} = \varphi_s$, în g/m^3, se obține elasticitatea sau presiunea maximă a vaporilor de apă, notată cu E, în mm Hg sau torr, care depinde de temperatura aerului. Umiditatea relativă a aerului φ_r, în %, se poate exprima și în funcție de

elasticitatea parțială și maximă (de saturație) a vaporilor de apă, conform expresiei:

$$\varphi_r = \frac{e}{E}100$$

La verificarea condensului în elementele de construcție interesează calculul elasticității parțiale e, folosind relația, în funcție de umiditatea relativă a aerului φ_r, în %:

$$e = \frac{E}{100}\varphi_r$$

Valorile elasticităților parțiale ale vaporilor de apă pentru diferite umidități relative ale aerului, cuprinse între 45 și 100% și pentru temperaturi între –20 și + 20°C, variază între 0,35 și 17,53 torr.

Presiunea de saturație a vaporilor de apă poate fi exprimată și în N/m^2, având în vedere relația: 1 mm Hg (torr) = 133,3322 N/m^2. Valorile presiunilor de saturație ale vaporilor, p_s, în N/m^2, pentru domeniul de temperaturi + 30...–20°C, sunt cuprinse între 4237 și 105 N/m^2. Presiunile parțiale ale vaporilor de apă din aerul interior p_{vi}, respectiv p_{ve}, se calculează cu relațiile:

$$p_{vi} = \frac{p_s \cdot \varphi_i}{100}; \quad p_{ve} = \frac{p_s \cdot \varphi_e}{100}$$

în care: p_s este presiunea de saturație a vaporilor de apă corespunzătoare temperaturii T_i a aerului interior și T_e a aerului exterior;

φ_i, φ_e – umiditățile relative ale aerului interior și exterior.

3.6.3. *Umiditatea materialelor de construcție*

Materialele de construcție pot reține apa sub următoarele forme:

– apa de construcție, legată prin combinații chimice de moleculele materialelor;

– apa de structură sau hidratare, care participă la cristalizarea unor materiale;

– apa higroscopică absorbită de materialele sub formă capilară.

În condiții similare de temperatură și umiditate, materialele pot reține cantități diferite de apă. Materialele care pot lega apa prin absorbție se numesc materiale higroscopice.

Umiditatea higroscopică este normală pentru elementele de construcție; ea depinde de umiditatea aerului și nu influențează, în general, durabilitatea materialelor. O sensibilitate mare o prezintă materialele ușoare, termoizolante.

Umiditatea totală a unui material este alcătuită din umiditatea de absorbție (higroscopică) și umiditatea liberă (determinată de contactul direct al materialului cu apă în stare lichidă sau rezultată din condensarea vaporilor).

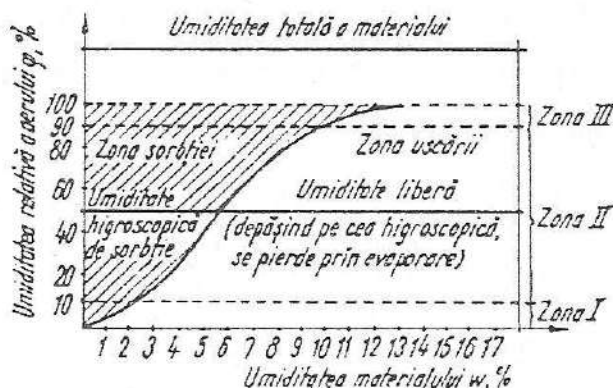


Fig. 3.6. Variația și starea umidității materialelor în procesul de umezire-uscare.

Umiditatea unui material poate fi exprimată prin raportarea cantității de apă la masă sau volum:

$$W_{ga} = \frac{m_u - m_0}{m_0} \cdot 100$$

unde: W_{ga} este umiditate gravimetrică absolută, în %;

m_u – masa materialului în stare umedă, în g;

m_0 – masa materialului în stare uscată, în g.

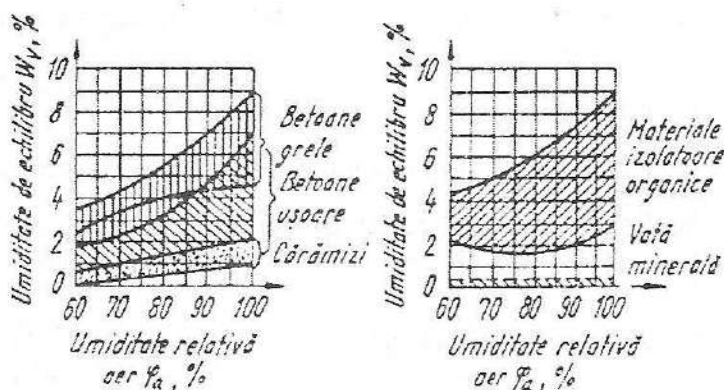


Fig. 3.7. Umidități de echilibru pentru diverse materiale de construcție.

Umiditatea volumetrică se exprimă astfel:

$$W_v = \frac{V_a}{V_m} \cdot 100;$$

unde: V_a este volumul de apă din material;

V_m – volumul materialului.

3.6.4. *Caracteristicile materialelor privind difuzia vaporilor de apă*

Materialele de construcție, sub aspectul permeabilității la vaporii de apă, se caracterizează printr-un parametru denumit permeabilitate la vaporii de apă R_{vj}.

$$R_{vj} = d_j \cdot \frac{R_D \cdot T_{mj}}{K_{Dj} \cdot D} = \frac{M_j}{K_{Dj}}$$

unde: d_j este grosimea elementului omogen de construcție, în m;

T_{mj} – constanta caracteristică a gazului perfect pentru vapori de apă, în J/kg·K;

$\frac{1}{K_{Dj}}$ – factorul rezistenței la permeabilitate la vapori a stratului de material considerat;

D – coeficientul de difuzie a vaporilor de apă, în aer, în m^2/s;

M_j – coeficient care variază cu temperatura medie T_m a stratului de material.

Materialele de construcție, sub aspectul permeabilității la vaporii de apă, pot fi caracterizate și prin noțiunea de conductivitate la vapori, pe care în literatura de specialitate o întâlnim notată cu δ și exprimată în kcal/mh torr, care se definește astfel:

$$\delta = \frac{K_D \cdot D}{R_D \cdot T_m}$$

3.6.5. Condensarea vaporilor de apă în construcții

Procesul de trecere a apei din faza gazoasă în fază lichidă are loc prin condensare, atunci când, prin coborârea temperaturii aerului sau prin creșterea concentrației vaporilor de apă în aer, se obține presiunea de saturație. Punctul de rouă, σ_r, exprimat în °C, al aerului umed la temperatura T și presiunea p, exprimă temperatura la care trebuie răcit aerul, sub presiune constantă, ca să devină saturat.

La structuri neomogene, cu punți termice, condensul se poate produce în dreptul punților din cauza temperaturii mai coborâte a elementelor de construcție în aceste zone. Formarea condensului pe suprafețele interioare ale elementului de construcție este influențată și de caracteristicile finisajelor.

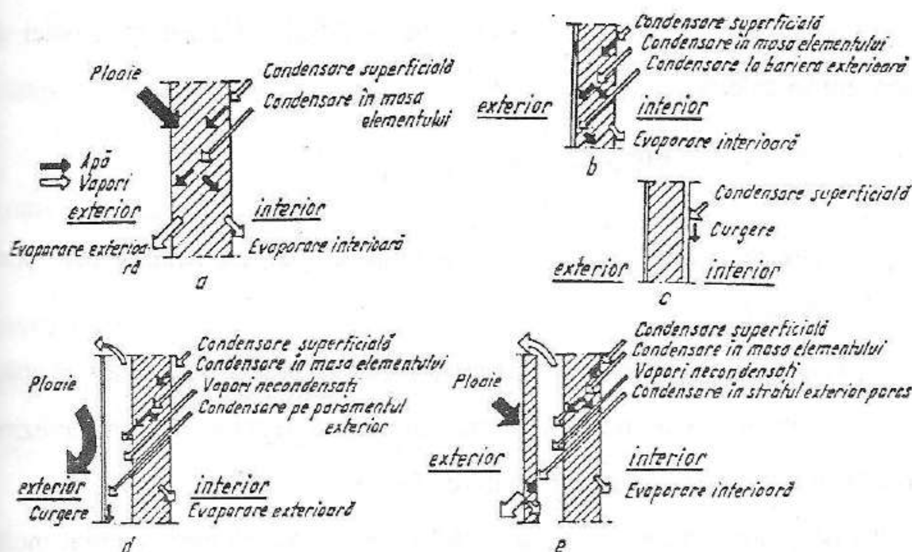


Fig. 3.8. Condensarea vaporilor de apă în masa elementelor de construcție: *a* – la structuri omogene; *b* – la structuri cu bariere etanșe la exterior; *c* – la structuri cu bariere etanșe la interior; *d* – la structuri cu strat de aer ventilat și cu strat exterior etanș; *e* – la structuri cu strat de aer ventilat și cu strat exterior poros.

3.6.6. *Comportarea elementelor de construcții la difuzia vaporilor de apă*

Comportarea elementelor de construcție la difuzia vaporilor de apă trebuie să se încadreze în anumite limite. De la an la an, elementele de construcții acumulează vapori de apă.

Pentru pereți omogeni din zidărie de cărămidă nu este necesar un astfel de calcul, ci numai pentru pereți cu structură complexă.

În calculul gradului de umiditate al elementelor de construcție trebuie avute în vedere următoarele aspecte:

– cantitatea de apă m_w provenită din condensarea vaporilor în masa elementului de construcție trebuie să fie mai mică decât masa m_v care s-ar putea evapora în perioada caldă a anului:

$$m_w \leq m_v \text{ [kg/m}^2\text{]};$$

– creşterea umidităţii relative a maselor ΔW la sfârşitul perioadei de condensare se calculează cu relaţia:

$$\Delta W = \frac{100m_w}{\rho d_w} < \Delta W_{adm};$$

în care: ρ este densitatea aparentă a materialului care s-a umezit prin condensare:

d_w – grosimea stratului de material în care se produc acumulări de apă;

– pentru materiale instabile la apă sau care se degradează prin putrezire, nu se admite creşterea umidităţii relative masice.

Rezistenţa la permeabilitate a vaporilor R_v a unui element cu mai multe straturi se determină astfel:

$$R_v = R_{v1} + R_{v2} + \ldots . R_{vn} = \sum_{j=1}^{n} d_j \cdot \frac{1}{K_{Dj}} M_j$$

unde: M_j este coeficientul de difuzie al vaporilor de apă în aer, în funcţie de temperatura medie a stratului de material;

d_j – grosimea materialului;

$\frac{1}{K_{Dj}}$ – factorul rezistenţei la permeabilitate la vapori a stratului j.

Calculul comportării elementelor de construcţii la difuzia vaporilor de apă se face prin metode grafo-analitice în următoarele etape:

a) verificarea analitică a neacumulării vaporilor de apă în interiorul elementelor;

b) calculul cantităţii de vapori care condensează în elementul de construcţie în perioada anului, cu verificarea creşterii umidităţii relative masice la sfârşitul perioadei;

c) calculul cantităţii de apă care se poate evapora în perioada caldă a anului.

Verificarea acumulării progresive de apă de la un an la altul, ca urmare a condensării vaporilor de apă, se face astfel:

– se calculează rezistențele specifice la permeabilitate termică R_{0k} ale straturilor componente;

– se stabilește variația temperaturii T_k în interiorul elementului de construcție prin determinarea temperaturii de suprafață a fiecărui strat k, considerând temperatura exterioară egală cu temperatura medie a anului T_{em}:

$$T_k = T_{ie} - \frac{T_{be} - T_{em}}{R_{as}} \sum_{j=1}^{k} R_j(j-1,1)$$

unde: T_{ie} este temperatura de calcul a aerului interior;

T_{em} – temperatura medie anuală;

R_{as} – rezistența termică specifică a elementului de construcții;

$\sum_{j=1}^{j=k} R_j(j-1, j)$ este suma rezistențelor specifice la permeabilitate termică a stratului component dintre suprafața interioară și suprafața k $\left[\frac{\mathrm{m^2K}}{\mathrm{W}}\right]$;

– se stabilesc temperaturile medii ale stratului T_{mk}, în °C;

– se determină valorile M_k corespunzătoare lui T_{mk};

– se calculează rezistența la permeabilitatea vaporilor R_v a elementului de construcție;

– se reprezintă grafic elementul de construcție: pe abscisă, rezistența la permeabilitate la vapori R_v, iar pe ordonată, presiunea vaporilor;

– se reprezintă grafic curba de variație a presiunilor de saturație corectate ale vaporilor de apă în interiorul elementelor de construcție

$P_{sk\,cer}$, în Pa, calculată conform STAS 6472/2-1983. Există trei zone în funcție de temperaturile exterioare pentru perioada de iarnă (STAS 6472/2-1983):

$$P_{sk\,cer} = P_{akm} + 172\left[k\sum_{j=1}\frac{R_v(j-1,j)}{R_{cr}}\right]$$

unde: P_{akm} este presiunea de saturație a vaporilor de apă în secțiunea k, în Pa. Valoarea se ia din tabel, în funcție de T_k.

Presiunea parțială a vaporilor de apă pe suprafața unui strat k este dată de relația:

$$p_{ik} = p_{vi} - \frac{p_{vi}-p_{ve}}{R_v}.\sum_{k=1}^{n} R_{vk} = p_{vi} - \frac{\Delta p_v}{R_v}.\sum_{k=1}^{n} R_{vk}$$

Reprezentarea grafică a curbei presiunilor vaporilor de apă se poate face la scara grosimilor, în cm, și se prezintă în acest caz ca o linie frântă, sau la scara rezistențelor la permeabilitatea la vaporii de apă, reprezentându-se ca o linie dreaptă.

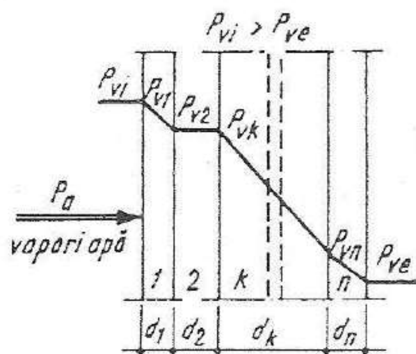


Fig. 3.9. Reprezentarea grafică a curbei presiunii vaporilor de apă, la scara grosimilor.

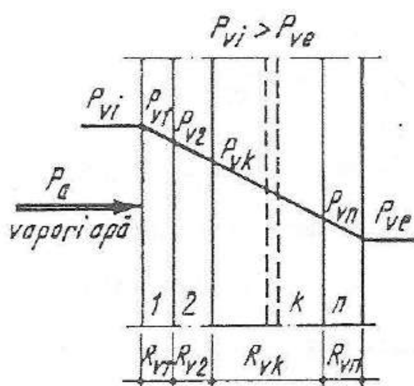


Fig. 3.10. Reprezentarea grafică a curbei presiunii vaporilor de apă, la scara rezistențelor la permeabilitate la vapori de apă.

Cantitatea de vapori de apă p_a sau debitul specific de vapori de apă care trece printr-un element de construcție în regim staționar se calculează cu expresia:

$$p_a = 3600\,\frac{p_{vi} - p_{ve}}{R_v} = 3600 \cdot \frac{\Delta p_v}{R_v}\ \text{[kg/m}^2\text{h]}$$

3.6.7. *Calculul la condens pe suprafața interioară a elementelor de construcții*

Condiția de evitare a condensului se asigură dacă este verificată relația:

$$T_{si} > \tau_r$$

În acest scop este necesar să se calculeze temperatura T_{si} a suprafeței interioare a elementului de construcție exterior, cu expresia:

$$T_{si} = T_i - m\,\frac{R_i}{R_0}(T_i - T_e)$$

în care: m este coeficientul de masivitate termică;

$$R_0 = R_i + R + R_e = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda \cdot b} + \frac{1}{\alpha_e}\ \text{(pereți omogeni);}$$

$$R_0 = R_i + \Sigma R_k + R_e = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{n}\frac{d_k}{\lambda_k \cdot b_k} + \frac{1}{\alpha_e}\ \text{(pereți neomogeni).}$$

Cunoscând temperatura aerului interior T_i și umiditatea relativă a aerului interior φ_{ri}, se poate determina temperatura punctului de rouă τ_r, pentru care această umiditate saturează aerul și determină condensarea vaporilor.

Valorile temperaturilor de rouă pentru diferite temperaturi și umidități sunt date în STAS 6477/89.

Dacă nu este respectată condiția:

$$T_{si} > \tau_r$$

atunci se mărește rezistența termică a elementului de construcție R_0.

3.6.8. Calculul acțiunii condensului în interiorul elementelor de construcții

Calculul la condens în regim staționar presupune determinarea curbei temperaturilor, stabilirea curbei presiunilor parțiale, a presiunilor de saturație a vaporilor pentru condițiile:

T_i; T_e – constant; φ_i; φ_e – constant.

Pentru verificarea condensului în interiorul elementelor de construcție se determină:

– valorile temperaturilor T, cunoscând că într-o secțiune la distanța x de la fața interioară a elementului, temperatura T_x se poate calcula cu expresia:

$$T_x = T_i - m\frac{R_x}{R_0}(T_i - T_e)$$

în care: R_x este rezistența termică la transmisia căldurii în secțiunea x, în m^2K/W, calculată cu relația:

$$R_x = R_i + \frac{d_1}{b_1\lambda_1} + \frac{x}{b_2\lambda_2}$$

– valorile presiunilor de saturație, p_{vs}, în N/m^2, ale vaporilor de apă corespunzătoare valorilor temperaturilor T_i, T_{si}, T_1, T_2, T_{se}, T_e, în elementul de construcție;

– curba presiunilor parțiale ale vaporilor de apă, p_v, plecând de la p_{vi} corespunzătoare umidității relative a aerului interior φ_{ri}, și p_{re}, corespunzătoare umidității relative a aerului exterior φ_{re};

– valorile umidităților relative φ_r ale aerului în elementele de construcție care se calculează pe baza relației:

$$\varphi_r = \frac{p_v}{p_s}\cdot 100$$

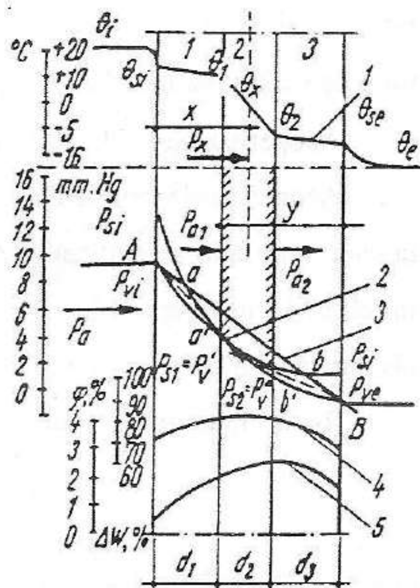


Fig. 3.11. Verificarea la condens a elementelor de construcție:
1 – curba temperaturilor; 2 – curba presiunilor de saturație p_{vsi}; 3 – curba presiunilor parțiale ale vaporilor p_v; 4 – curba umidității relative a aerului în structura peretelui φ; 5 – curba umidității de absorbție a elementelor de construcție ΔW.

Micșorarea elasticității vaporilor de apă, Δp_{vx}, se calculează cu relația:

$$\Delta p_{vx} = \frac{R_{vi} + R_{vx}}{\sum_{k=1}^{n} R_{vk}} (p_{vi} - p_{ve})$$

în care: p_{vx} reprezintă căderea presiunilor parțiale ale vaporilor de apă până în stratul x [N/m²];

$R_{vi} + R_{vx}$ – rezistența la permeabilitate la vapori de apă până la stratul x [m/s].

Pentru evitarea condensului trebuie ca:

$$p_{vx} < p_{vs}$$

Calculul se efectuează în conformitate cu STAS 6472/4-89.

3.7. Higrotermica acoperișurilor

Rezistența termică necesară acoperișului este mai mare decât cea a pereților exteriori. Pentru ca pierderile de căldură în timpul iernii să fie mai

mici, condensările de vapori să fie mai reduse, efectul radiației solare pe timp de vară trebuie să fie minim.

Acoperișurile pot fi *ventilate* și *neventilate.*

Acoperișurile ventilate se clasifică în două categorii: acoperișuri calde, la care ventilația se realizează prin canale de aerare prevăzute în structura învelitorii sau termoizolației, și acoperișuri reci, la care învelitoarea este distanțată de planșeul suport, formându-se un pod tehnic ventilat.

Rezistența termică necesară acoperișului se poate calcula cu relația:

$$R_{0\,nec.} = \frac{(T_i - T_e)m}{\alpha_i \cdot \Delta T_{i\,max.}}$$

în care: $R_{0\,nec.}$ este rezistența termică necesară a acoperișului, în $m^2 \cdot {}^\circ C/W$;

m – coeficientul de masivitate;

T_i – temperatura de calcul a aerului interior;

T_e – temperatura de calcul a aerului exterior;

$\Delta T_{i\,max}$ – căderea de temperatură maxim admisibilă între aerul interior și suprafața interioară a acoperișului.

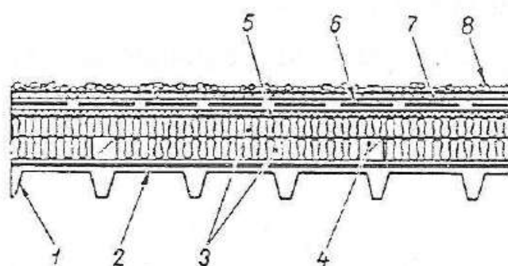


Fig. 3.12. Acoperiș cald:
1 – suport tablă cutată protejată anticoroziv; *2* – barieră contra vaporilor; *3* – termoizolație de polistiren celular; *4* – canale de aerare; *5* – șapă subțire din mortar de aracet sau carton bituminat cașerat din fabricație sau pe șantier pe placă din polistiren celular; *6* – strat de difuzie din carton sau împâslitură din fibre de sticlă bitumată perforată (numai în cazul șapei din aracet); *7* – hidroizolație bituminată; *8* – protecția hidroizolației, pietriș mărgăritar sort 7-16, 20 k.

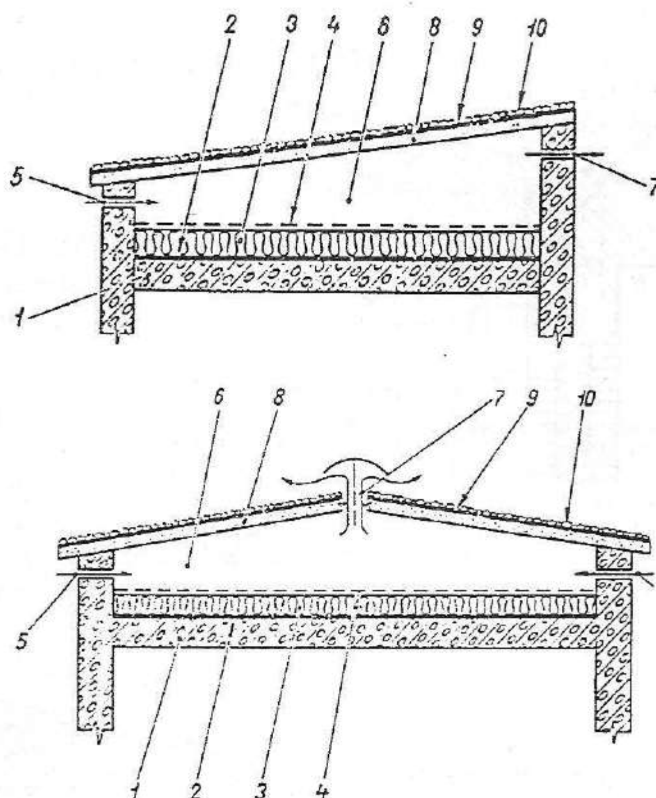


Fig. 3.13. Acoperiş rece:
1 – placă de rezistență; *2* – barieră contra vaporilor; *3* – termoizolație; *4* – protecția termoizolației; *5* – orificii de intrare a aerului; *6* – spațiu redus ventilat sau pod tehnic ventilat; *7* – orificii de evacuare a aerului; *8* – suportul hidroizolat; *9* – hidroizolația din straturi bituminoase; *10* – protecția hidroizolației.

Dimensionarea termică a acoperişului implică verificarea inegalității:

$$R_{ef} \geq R_{0\ nec}.$$

Aspecte particulare prezintă realizarea condițiilor de evitare a condensului la colțurile cornişei, datorită transmiterii plane a căldurii şi a sistemului de izolare termică a terasei şi a centurilor. În cazul cornişei neizolate termic, efectul de punte termică se manifestă pe toată înălțimea elementului. În figurile 3.14-3.19 sunt prezentate sisteme de rezolvare întâlnite în practică.

Practica a demonstrat că în cazul dispoziției izolației termice la partea superioară se obține o comportare mai bună prin micşorarea lățimii zonei reci.

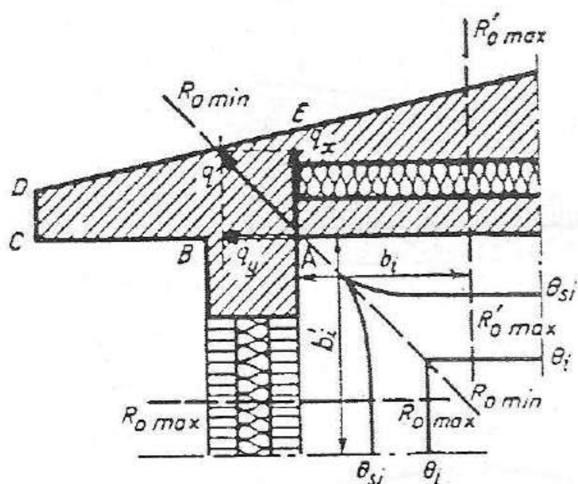


Fig. 3.14. Efectul de punte termică a cornișei datorită transmisiei plane a căldurii.

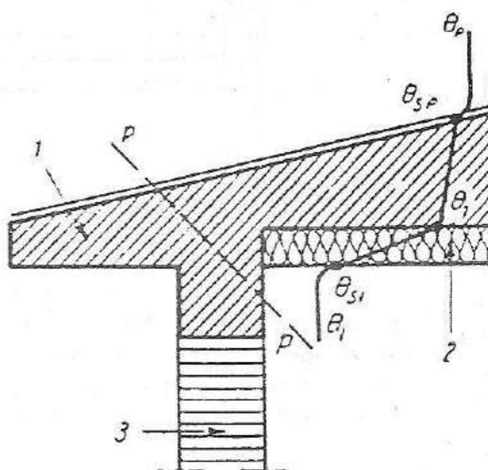


Fig. 3.15. Cornișă neizolată termic la terasă, cu izolația la partea inferioară: *1* – beton armat; *2* – izolare termică; *3* – perete din zidărie; *p–p* – punte termică.

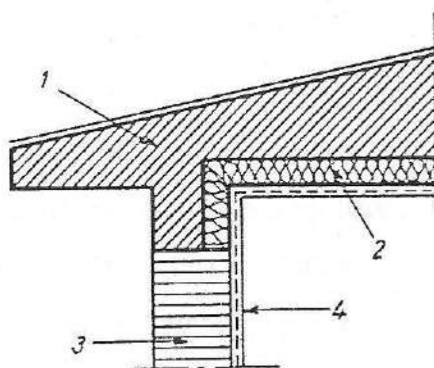


Fig. 3.16. Izolarea termică interioară a centurii în zona cornișei: *1* – beton armat; *2* – izolare termică; *3* – pereți din zidărie; *4* – tencuială interioară

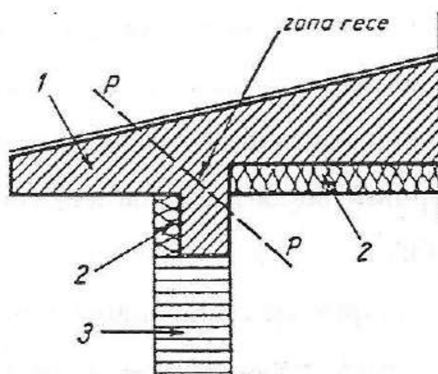


Fig. 3.17. Izolarea exterioară a centurii în zona cornișei:
1 – beton armat; 2 – izolație termică;
3 – perete din zidărie; p-p – punte termică.

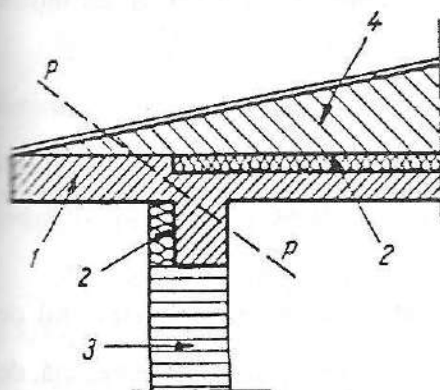


Fig. 3.18. Cornișă cu izolație termică a terasei la partea superioară și a centurii la exterior:
1 – beton armat; 2 – izolație termică;
3 – perete din zidărie; 4 – beton pantă terasă;
p-p – punte termică.

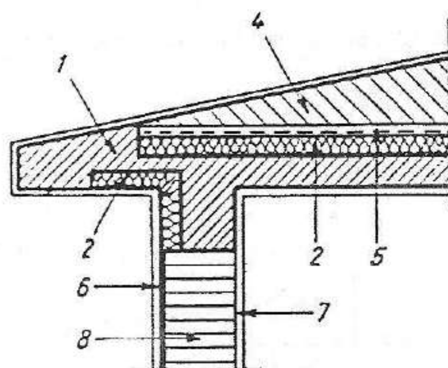


Fig. 3.19. Cornișă cu izolație termică exterioară a centurii, orizontală și verticală:
1 – beton armat; 2 – izolație termică; 3 – perete din zidărie; 4 – beton de pantă; 5 – mortar de egalizare și rabiț; 6 – tencuială exterioară; 7 – tencuială interioară

3.8. Caracteristicile termice ale pardoselilor

Asigurarea calității termice pentru pardoseli este o cerință deosebită la clădiri civile.

La diferențe mici de temperatură dintre corpul uman și pardoseală, asigurarea confortului termic este condiționată de schimbul de căldură prin

conducție, iar la diferențe mari de temperatură, confortul termic este condiționat de schimbul de căldură prin radiație și convecție. Astfel, se recomandă ca diferența de temperatură dintre interior și pardoseală să fie cuprinsă între 2 și 4°C, iar temperatura pardoselii să fie cuprinsă între 20 și 24°C.

Aprecierea comportării termice a pardoselii se poate obține prin luarea în considerare a coeficientului de difuzie a căldurii b, în W/m^2 K, definit de relația:

$$b = \sqrt{\lambda C \rho}$$

În funcție de valoarea lui b, pardoselile se clasifică în: pardoseli foarte calde, calde, călduroase, răcoroase, reci.

Senzația de confort este dată nu numai de materialul stratului de suprafață al pardoselii, ci și de structura sa, de temperatura de suprafață, de temperatura aerului, de viteza de mișcare și de durata de staționare.

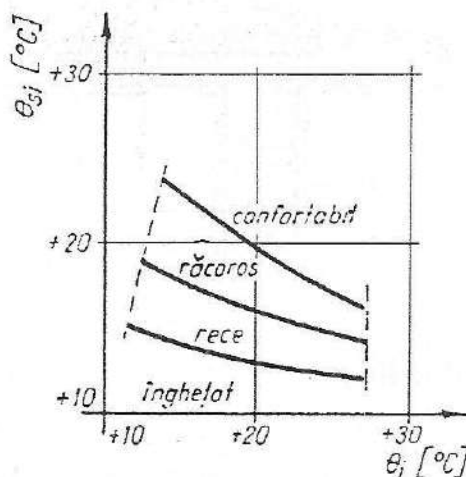


Fig. 3.20. Senzația de confort la pardoseli, în funcție de temperatura suprafeței și a aerului interior.

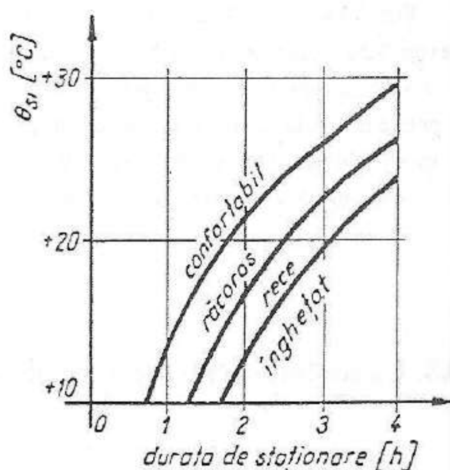


Fig. 3.21. Senzația de confort la pardoseli, în funcție de temperatura suprafeței și de durata staționării.

3.9. Caracteristici termice ale tâmplăriei exterioare

Alcătuirea şi realizarea tâmplăriei trebuie să asigure creşterea gradului de protecţie termică a clădirii şi reducerea consumului de energie în timpul exploatării. Criteriile de apreciere a gradului de satisfacere a exigenţei pretind ca rezistenţa specifică termică a tâmplăriei exterioare să prezinte valori cuprinse între 0,5 şi 2 W/m^{2}K.

În prezent sunt utilizate diverse sisteme de profile. De exemplu: Eurodur 3S – varianta KM, care prezintă valori superioare pentru protecţie termică şi stabilitate; PVC Komnerling, care prezintă, pe lângă protecţie termică superioară, şi rezistenţă superioară la incendii.

Pentru aceste tâmplării coeficienţii de transfer termic variază între 1,1 şi 1,7 W/m^{2}K.

Tâmplăriile, închiderile sau anvelopele montate la exteriorul spaţiilor încălzite, atunci când sunt realizate cu profile din aluminiu, vor avea obligatoriu rupere de punte termică.

3.10. Cerinţe termice ale planşeelor, pereţilor de subsol, fundaţiilor şi soclului

Asigurarea confortului termic implică protecţia termică a infrastructurii, prin dispunerea unei izolaţii orizontale pentru planşeu şi a alteia verticale, pentru perete.

Temperatura suprafeţei pardoselii se calculează cu relaţia:

$$T_{si\,pr} = T_i - R_{si\,pr} = \frac{\zeta(T_i - T_e)}{R_{0s\,pl}}$$

în care: $R_{si\,pr}$ este rezistenţa de transfer termic a pardoselii 0,166 m$^2\cdot$°C/W;

$R_{0s\ pl}$ – rezistența specifică la transfer termic a planșeului peste subsol;

ζ – coeficientul de reducere a diferențelor de temperatură.

Deoarece la nivelul soclului și fundației, coeficientul de permeabilitate termică în direcție orizontală și verticală este superior ca valoare coeficientului corespunzător de permeabilitate termică a peretelui în elevație, este judicios a se prevedea o izolație verticală, în dreptul soclului, care se continuă cu izolația orizontală (fig. 3.22) în pardoseală, cu scopul de a limita pierderile de căldură și în această zonă a construcției.

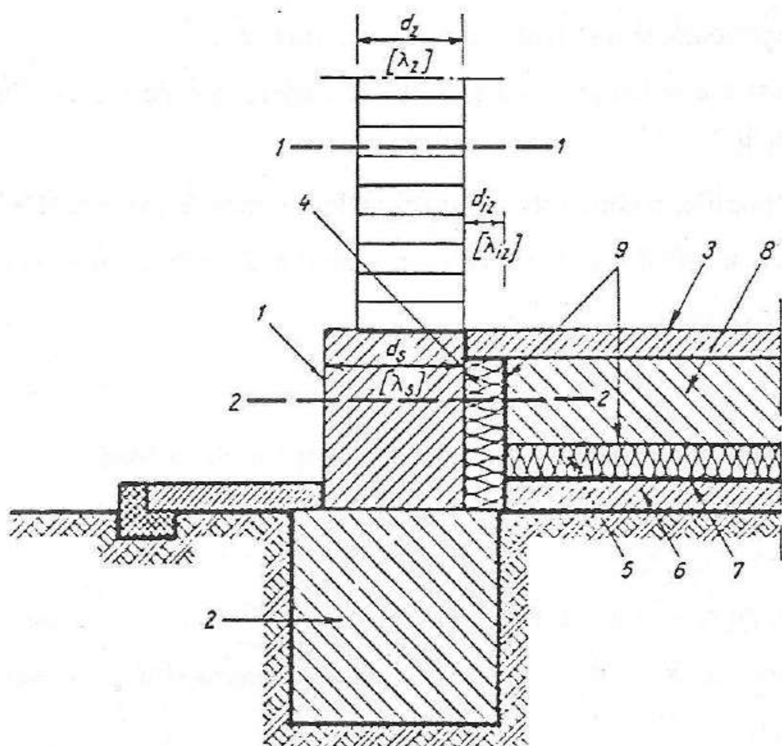


Fig. 3.22. Izolarea termică a soclului și pardoselii la parter: *1* – soclu; *2* – fundație; *3* – pardoseală ; *4* – izolație termică verticală; *5* – izolație termică orizontală; *6* – strat de egalizare; *7* – barieră de vapori; 8 – umplutură izolantă; *9* – protecție termoizolație.

Determinarea grosimii izolației termice verticale a soclului rezultă din egalitatea:

$$R_{1\text{-}2} = R_{2\text{-}2}$$

$$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_e} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_s}{\lambda_s} + \frac{d_{ij}}{\lambda_{ij}} + \frac{1}{\alpha_e}$$

Izolarea termică a pardoselii se poate realiza din materiale granulare rezistente la umiditate (betoane de granulit, zgură expandată, zgură de furnal, zgură de locomotivă).

3.11. Proiectarea higrotermică a elementelor de construcții

Una dintre problemele fundamentale ale dezvoltării actuale și de perspectivă a clădirilor se referă la economia de energie. În acest sens, prezintă interes deosebit capacitatea de izolare termică a materialelor și elementelor de construcție, forma clădirilor și condițiile ventilării naturale a acestora.

Pentru aprecierea globală a calității termice a unei clădiri, se poate lua în considerare coeficientul volumic de transfer al clădirii K_v, în kcal/m^{2}h, definit de expresia:

$$K_v = \frac{\sum K_i S_i \Delta T + 0{,}35 V n \Delta T}{V}$$

în care: K_i este coeficientul general de transfer al căldurii pentru elementul exterior de construcție S_i, în kcal/m^{2}h^{o}C;

S_i – suprafața elementului exterior de construcție (perete, acoperiș, fereastră), cu coeficient diferit de transfer al căldurii, în m^2;

ΔT – diferența totală de temperatură pentru calculul pierderilor de căldură ale clădirilor, conform STAS 1907/89, în ^{o}C;

0,35 – căldura specifică a aerului, în kcal/°Cm^3;

V – volumul clădirii, în m^3;

n – numărul de schimburi orare de aer, necesare din cerințe biologice.

Astfel, la clădiri de locuit cu 5 niveluri, cantitatea de căldură necesară încălzirii unui apartament este variabilă cu lățimea clădirii, fiind între 5400 kcal/h, pentru 9 m, și 2500 kcal/h, pentru 24 m.

Pentru blocuri turn, cantitatea de căldură consumată pentru încălzire unui apartament este de 6000 kcal/h și scade sensibil până la 1200 kcal/h, pentru blocurile tip bară.

Criteriul abordat privind economia de energie și combustibil la încălzire este determinat de reducerea transferului de căldură prin elementele exterioare ale clădirii (pereți, acoperișuri, tâmplărie). Criteriul de rezistență termică minimă necesară, definit de STAS 6472/89, nu poate constitui un criteriu de rezistență optimă, sub aspectul economiei de energie în exploatarea clădirilor.

La structuri de pereți omogeni, calitatea de rezistență termică rezultă din luarea în considerare a expresiei R_0, în m^{2}h°C/kcal:

$$R_0 = 0{,}193 + \frac{d}{\lambda}$$

Pentru obținerea valorii maxime R_0, se are în vedere alegerea corespunzătoare a materialului, astfel încât λ să prezinte valori minime în raport și cu cerințele de rezistență mecanică ale elementelor considerate. Limitele de variație ale grosimii d a peretelui omogen sunt relativ mici, determinate de considerente constructive și tehnologice.

La structurile de elemente în mai multe straturi, se poate acționa asupra caracteristicilor λ_{iz} ale materialului termoizolant, prin alegerea judicioasă a acestuia precum și asupra grosimii izolației d_{iz}.

Datorită faptului că în realitate exploatarea clădirilor are loc în regim nestaționar de temperatură, este necesar a se lua în considerare și alte aspecte, care condiționează comportarea higrotermică a elementelor de construcție. Astfel, la structuri de pereți în trei straturi, dacă izolația termică este dispusă la interior, diferența de temperatură pe grosimea izolației $\Delta T_{iz} = T_{si} - T_1$ în stratul portant este minimă, stratul de masă mare este mai cald, iar structura elementului apare mai judicioasă la sisteme de încălzire continuă. Stratul termic dispus spre exterior protejează stratul rigid de beton, atât de acțiunea înghețului cât și de radiația solară.

Astfel, la încăperi cu durată mică de utilizare, apare în principiu indicată structura de perete cu stratul de izolație termică dispus la interior, deoarece capacitatea de acumulare termică a acestui strat este redusă, iar ridicarea temperaturii este rapidă:

$$A_1 = \lambda_1 c_1 \rho_1 d_1 \Delta T_1 < \lambda_2 C_2 \rho_2 d_2 \Delta T_2$$

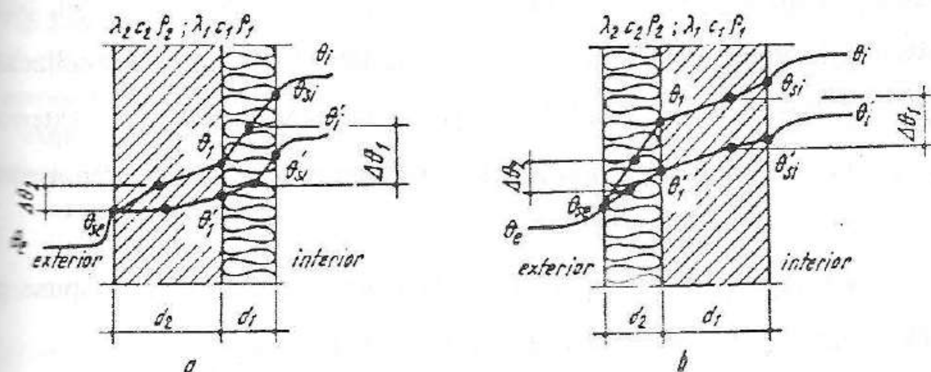


Fig. 3.23. Capacitatea de acumulare termică a peretelui în două straturi, cu stratul de izolație termică dispus: *a* – la interior; *b* – la exterior.

La încălzirea continuă este indicată structura cu stratul de mare acumulare dispus la interior, deoarece în acest caz se verifică inegalitatea:

$$A_1 = \lambda_1 C_1 \rho_1 d_1 \Delta T_1 > \lambda_2 C_2 \rho_2 d_2 \Delta T_2$$

Creşterea rezistenţei termice a ferestrelor se poate obţine prin adoptarea de tâmplarie cu geam termopan. Creşterea etanşeităţii ferestrelor implică măsuri adecvate privind ventilarea naturală a încăperilor în mod organizat în raport cu condiţiile şi cerinţele de exploatare.

Din punctul de vedere al migraţiei vaporilor de apă din interior spre exterior, comportarea elementului de construcţie depinde de poziţia stratului termoizolant. În cazul structurii cu termoizolaţie dispusă la interior, difuzia vaporilor de apă spre exterior este limitată, deoarece betonul se opune în mai mare măsură la trecerea vaporilor de apă în comparaţie cu stratul de izolaţie termică, fiind posibilă acumularea lor în secţiunea *S-S*.

Structura de perete cu izolaţia termică dispusă la exterior este nu numai cea mai indicată din punct de vedere termic, dar prezintă avantaje şi sub aspectul difuziei vaporilor de apă.

La structuri de pereţi cu materiale etanşe la vaporii de apă, dispuse la exterior, cum sunt sticla, metalul, azbocimentul, PVC-ul ondulat, policarbonatul, fibrocimentul, eliminarea excesului de umiditate se realizează prin ventilarea naturală a canalelor verticale de aer, dispuse spre exterior în comunicaţie la partea superioară şi inferioară a elementului cu mediul ambiant.

La încăperi cu umidităţi mari interioare, peste 75%, se dispune pe partea caldă a peretelui un ecran paravapori, alcătuit din:

– pelicule cu vopsea pe bază de ulei, email pe bază de alchidal, vopsea bituminoasă sau bitum la cald, email pe bază de copolimer vinilic, email pe bază de clor-cauciuc);

– folii din carton bituminat, împâslitură din fibre de sticlă bitumată, polietilenă, aluminiu;

– straturi complexe, alcătuite din membrane.

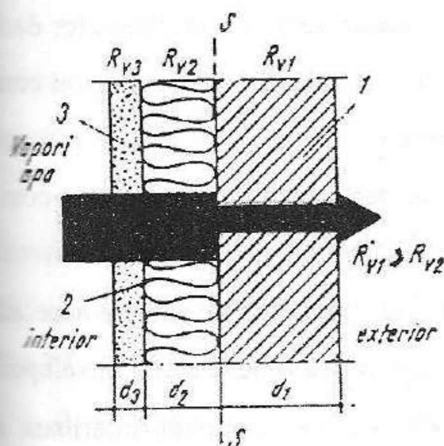


Fig. 3.24. Difuzia vaporilor de apă printr-un perete de beton cu stratul de izolație termică dispus la interior: 1 – strat din beton; 2 – izolație termică; 3 – tencuială interioară.

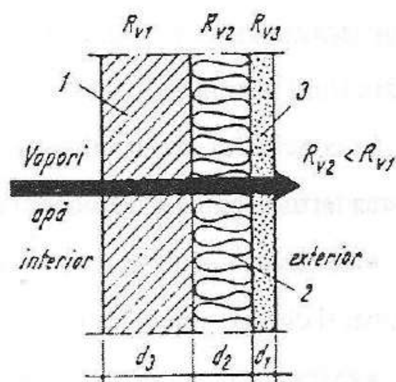


Fig. 3.25. Difuzia vaporilor de apă printr-un perete de beton cu stratul de izolație termică dispus la exterior: 1 – strat din beton; 2 – izolație termică; 3 – tencuială exterioară.

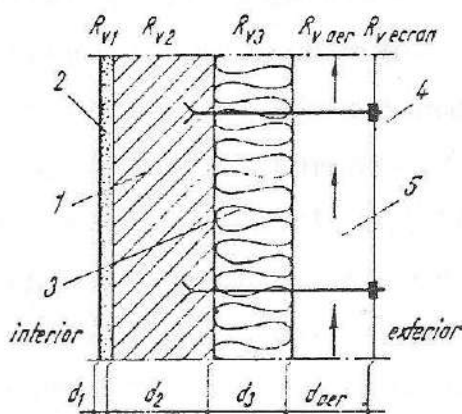


Fig. 3.26. Perete cu strat de aer ventilat: 1 – strat de beton armat; 2 – tencuială interioară; 3 – izolație termică; 4 – strat exterior impermeabil (sticlă, metal, materiale plastice, azbociment); 5 – strat de aer ventilat.

În cazul clădirilor existente, la care rezistența termică efectivă este mai mică decât cea necesară (având în vedere că aceasta a fost mărită prin normele tehnice C107/1-1997), o măsură eficientă de îmbunătățire a confortului termic, de micșorare a energiei termice necesare pentru încălzirea spațiului interior și reducerea riscului cu condens, constă în realizarea unui strat suplimentar de izolare termică, ce are o eficiență mai bună dacă este dispus la exterior.

Însă, în asemenea situații, este necesar un studiu higrotermic, mai ales dacă stratul termoizolant suplimentar se dispune la interior, fenomenul de condensare fiind posibil și sub stratul suplimentar.

În concluzie, exigențele principale de performanță care definesc comportarea termotehnică a clădirilor sunt:

• asigurarea confortului termic cu un consum optim de energie necesară încălzirii și climatizării clădirilor; stabilitatea termică a elementelor anvelopei;

• evitarea condensului vaporilor de apă pe suprafața interioară a elementelor anvelopei în condiții normale de exploatare;

• limitarea la valori normate a umezirii din condens a materialelor din structura elementelor anvelopei (sau evitarea umezirii în cazul materialelor organice).

Principalele criterii de performanță asociate exigențelor de mai sus sunt:

a) pentru exigențe de performanță de confort termic cu un consum optim de energie și a stabilității termice a elementelor anvelopei se asociază:

– criteriul de performanță *opțiunea medie previzibilă* (PVM) (STAS 13149-93), prin care se precizează opțiunea medie a unui grup numeros de persoane asupra senzației de confort termic în raport cu o scară cu șapte niveluri – de la foarte cald la frig, trecând prin senzația de neutru. Indicele PVM este caracterizat de 6 parametri: metabolismul și îmbrăcămintea subiecților, temperatura aerului, temperatura medie de radiație, viteza relativă a aerului interior, presiunea parțială a vaporilor de apă din aerul interior;

– coeficientul global de izolare termică a clădirii, influențat decisiv de rezistența la transmisia termică a elementelor anvelopei, ale cărei valori maxime sunt precizate în Normativul C 107/1-1997;

– stabilitatea termică a elementelor anvelopei clădirii, reglementată de Instrucțiunile P200-1989.

b) pentru exigența de performanță de prevenire a condensului pe fața interioară a anvelopei și limitarea la valori normale a umezirii din condens a structurii inferioare a anvelopei se asociază:

– temperatura minimă admisă în orice punct al suprafeței interioare a elementelor anvelopei, corelată cu umiditatea relativă a aerului interior și limitarea cantității de apă condensată în structura anvelopei, reglementate de STAS 6472/3/1989 și Normativul C 107/1997.

Reglementări specifice clădirilor civile cu destinații diverse sunt precizate în Normativele C107/2-97 și C107/5-97.

De altfel, Normativele C107/1-C107/5 din anul 1997 introduc o abordare complexă a aprecierii izolării termice a clădirilor.

Clădirea – în concepția acestor reglementări, reprezintă un ansamblu de apartamente, spații de circulație și alte spații comune, delimitat de o serie de suprafețe care alcătuiesc anvelopa clădirii și prin care au loc pierderile de căldură.

Se definește astfel coeficientul global de izolare termică a unei clădiri G, în ansamblu, reprezentând suma pierderilor de căldură realizate prin transmisie directă prin aria anvelopei clădirii, pentru o diferență de temperatură între interior și exterior de 1 K, raportată la volumul clădirii, la care se adaugă pierderile de căldură aferente reîmprospătării aerului interior, precum și cele datorate infiltrațiilor suplimentare de aer rece.

Coeficientul global de izolare termică se calculează cu relația:

$$G = \frac{\sum L_i \tau_i}{V} + 0,34n \quad [\mathrm{W/m^3K}]$$

în care: L_i este coeficientul de cuplaj termic, calculat cu relația:

$$L_i = \frac{A}{R_m'} \quad [\mathrm{W/K}]$$

τ_i – factorul de corecție a temperaturilor exterioare;

V – volumul interior, încălzit al clădirii [m^3];

R'_m – rezistența termică specifică corectată, medie pe ansamblul clădirii, a unui element de construcție [m^{2}KW];

A – aria elementului de construcție [m^2] având rezistența termică R'_m;

n – viteza de ventilare naturală a clădirii, respectiv numărul de schimburi de aer pe oră [h^{-1}].

Coeficientul global de izolare termică evaluat se compară cu coeficientul global normat de izolare termică *GN*.

Nivelul de izolare termică globală este corespunzător dacă se realizează condiția:

$$G \leq GN \text{ [W/m}^3\text{K]}$$

Posibilitățile de realizare a acestei condiții trebuie analizate în faza de proiectare. Factorii geometrici care influențează coeficientul global de izolare termică și asupra cărora trebuie să se acționeze cu discernământ sunt:

- raportul P/A_c, în care:

P – perimetrul clădirii, măsurat pe conturul exterior al pereților de fațadă;

A_c – aria în plan a clădirii, limitată de perimetru (aria construită).

- gradul de vitrare, exprimat prin raportul dintre aria tâmplăriei și aria totală a pereților exteriori (partea opacă + partea vitrată);

- retragerile gabaritice, existența bovindourilor, precum și alte variații ale suprafețelor A_c de la fiecare nivel.

Pentru obținerea unui coeficient globat cât mai mic este necesar ca elementele componente ale anvelopei clădirilor să aibă rezistențe termice R cât mai ridicate sau, altfel formulat, coeficienți de transfer termic U sau K

cât mai mici, fapt realizabil prin înglobarea unor straturi termoizolante din materiale eficiente (având conductivităţi termice de calcul mai mici de 0,05 W/mK).

În funcţie de rezistenţa la transfer termic a elementului considerat, costurile pentru investiţia în construcţie sunt crescătoare, proporţional cu creşterea grosimii termoizolaţiei, dar cele pentru investiţia în instalaţia de încălzire şi pentru cheltuielile de exploatare pe perioada de recuperare a investiţiei sunt proporţional descrescătoare. Variaţia costurilor totale cumulate va evidenţia întotdeauna un cost minim în dreptul grosimii optime a termoizolaţiei.

Protecţia termică a pereţilor exteriori se realizează prin aplicare pe faţa exterioară a unui strat termoizolant, fixat de structura de rezistenţă a peretelui şi protejat cu un strat impermeabil la intemperii, dar permeabil la vapori.

În cazul clădirilor sau încăperilor cu ocupare temporară, se poate aplica izolaţia termică la interior, cu condiţia protejării feţei calde cu o barieră contra vaporilor.

Dacă pereţii sunt afectaţi de igrasie, lucrările se vor realiza numai după ce au fost eliminate cauzele care au produs igrasia şi s-au luat măsuri de impermeabilizare a pereţilor.

Îmbunătăţirea protecţiei termice a acoperişurilor înclinate. Reabilitarea podurilor ventilate (nemansardate) la acoperişuri înclinate pentru clădirile existente se poate face prin aplicarea unui strat termoizolant pe faţa superioară a planşeului de pod. Se vor izola în acelaşi timp toate instalaţiile calde din spaţiul podului (conducte, vase de expansiune etc.) şi se va monta pe faţa exterioară o barieră antivânt (folie de carton simplu, ţesătură din fibre de sticlă etc.). În cazul podurilor mansardate, protecţia termică se realizează prin pozarea plăcilor termoizolante sub învelitoare, în spaţiul dintre căpriori. Pe faţa caldă a termoizolaţiei se va aplica o barieră contra vaporilor.

La învelitori etanșe (folii bituminate sau tablă zincată), se recomandă un spațiu de ventilare de 2-3 cm grosime spre exterior.

Îmbunătățirea protecției termice a acoperișurilor-terasă. Îmbunătățirea protecției termice a acoperișurilor-terasă la clădirile existente se poate realiza, după evaluarea stării hidroizolației, prin refacerea totală a structurii acoperișului. Se înlătură toate straturile existente, până la placa de rezistență. Izolația termică suplimentară va fi protejată pe fața caldă cu o barieră contra vaporilor de apă.

În cazul în care hidroizolația este în stare bună, se aplică deasupra un strat termoizolant suplimentar, iar apoi, un strat de difuzie ventilat și un strat hidroizolant nou.

Comparativ cu alte materiale de construcții, produsele din vată minerală „rockwool" oferă o conductibilitate termică foarte scăzută, rezistență la acumularea umezelii sau condensului, o structură stabilă în timp și rezistență la îmbătrânire. Cu un punct de topire de peste 1000 °C, vata minerală „rockwool" este neinflamabilă – clasa C_0 – și va proteja termic elementele de construcție izolate, chiar și în cazul unui incendiu.

La proiectarea clădirilor noi se va urmări prevederea unor structuri ale elementelor de construcție cu rezistențe termice superioare, evitarea condensului, a punților termice și a infiltrațiilor de aer, utilizarea de materiale termoizolante cu proprietăți termofizice la vapori și impermeabile la apă și eliminarea posibilității de ascensiune capilară a umidității la sol.

Creșterea capacității de izolare termică a anvelopei unei clădiri și eliminarea fenomenelor de condens asigură, în principal, două obiective: îmbunătățirea confortului interior, scăderea consumului de energie și, implicit, a cheltuielilor de exploatare, un aport semnificativ la protejarea resurselor naturale și a protecției mediului înconjurător.

Începutul mileniului trei aduce și pentru România o nouă abordare a politicii energetice.

Ordonanța privind reabilitarea termică a fondului construit existent, emisă la începutul anului 2000 în baza Legii nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, impune reevaluarea gradului de confort higrotermic și a eficienței instalațiilor pentru fiecare clădire existentă.

Vor fi avute în vedere revizuirea reglementărilor tehnice de proiectare și execuție și studii pentru stabilirea gradului de protecție termică a clădirilor, precum și a costului real al încălzirii și alimentării cu apă caldă de consum.

Fiecare clădire existentă va beneficia de un certificat energetic care va atesta conformarea energetică și de o documentație de reabilitare termică, elaborată de consultanți și experți autorizați.

Studiile efectuate recent la nivelul Uniunii Europene au relevat faptul că în domeniul construit se consumă cca. 40% din consumul național de energie.

În cazul clădirilor de locuit, repartiția consumului este cu aproximație următoarea: 65% pentru încălzirea clădirii, 15% pentru apă caldă menajeră, 10% pentru instalații electrocasnice, 10% pentru iluminat.

În scopul economisirii energiei în exploatare va trebui să avem în vedere nu numai reechiparea clădirilor vechi, dar și concepția globală cu un consum cât mai redus în clădirile noi.

3.12. Terminologie, simboluri și unități de măsură în termotehnica construcțiilor

Terminologia, simbolurile și unitățile de măsură utilizate în termotehnica construcțiilor sunt prezentate în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2

Nr. crt.	Termen	Simbol	Definiție	Relația de definiție	Simbolul unității SI
1	2	3	4	5	6
1	Amplitudine de oscilație a densității fluxului termic	A_q	Variația maximă a densității fluxului termic față de valoarea sa medie	$A_q = q_{max} - q_{med} = q_{med} - q_{min}$	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$
2	Amplitudine de oscilație a temperaturii aerului exterior	A_{Te}	Variația maximă a temperaturii aerului exterior față de valoarea sa medie	$A_{Te} = T_{emax} - T_{emed} =$ $= T_{emed} - T_{emin}$	K
3	Amplitudine de oscilație a temperaturii aerului interior	A_{Ti}	Variația maximă a temperaturii aerului interior față de valoarea sa medie	$A_{Ti} = T_{imax} - T_{i\,med} =$ $= T_{imed} - T_{imin}$	K
4	Amplitudine de oscilație a temperaturii suprafeței interioare	$A_{\theta i}$	Variația maximă a temperaturii suprafeței interioare a elementului de construcție, față de valoarea sa medie	$A_{\theta Ti} = T_{smax} - T_{s\,med} =$ $= T_{smed} - T_{smin}$	K
5	Cantitatea de căldură	Q	Energia schimbată cu mediul înconjurător de un sistem ai cărui parametri externi rămân constanți	$Q = \overline{m}\,(T_2 - T_1)$	J
6	Capacitate calorică	C	Căldura necesară unui corp pentru a-și ridica temperatura cu o unitate, într-un proces termodinamic oarecare	$C = \frac{\delta Q}{\text{d}T}$	$\frac{\text{J}}{\text{K}}$
7	Coeficient de absorbție	A	Raportul dintre energia radiantă absorbită de un corp și energia radiantă incidentă pe el	$A = \frac{E_a}{E}$	

1	2	3	4	5	6
8	Coeficient de absorbţie a radiaţiilor solare	R	Raportul dintre energia radiantă solară absorbită de un element de construcţie şi energia radiantă solară incidentă normală pe suprafaţa elementului, egală cu unitatea	$R = \frac{q_s}{c_{ri} \cos\alpha}$	
9	Coeficient de amortizare a amplitudinii de oscilaţie a temperaturii exterioare	ν	Indicele atenuării amplitudinii de oscilaţie a temperaturii aerului exterior la amplitudinea de oscilaţie de o unitate a temperaturii suprafeţei interioare a elementului de construcţie, depinzând de coeficienţii de asimilare termică	$\nu = \frac{A_{Te}}{A_{0i}} = 0,9\frac{(s_1+\alpha_1)(s_2+S_1)...(s_n+S_{n-1})(\alpha_e^{\cdot}+S_n)}{(s_1+S)(s_2+S_2)...(s_n+S_n)\alpha_e} \cdot \exp\left(\frac{\Sigma D_i}{\sqrt{2}}\right)$	
10	Coeficient de amortizare termică al suprafeţei (interioare, exterioare) elementului de construcţie	B	Amplitudinea de oscilaţie a densităţii fluxului termic al aerului la a amplitudine unitara a temperaturii aerului depinzând de rezistenţa termică specifică la propagarea căldurii şi de coeficientul de asimilare termica a suprafeţei elementului de construcţie	$B = \frac{A_q}{A_T} \approx \frac{1}{R_s + \frac{1}{S}}$	$\frac{W}{m^2K}$
11	Coeficient de asimilare termică al materialului	S_m	Densitatea fluxului termic maxim, corespunzătoare amplitudinii temperaturii suprafeţei interioare, egale cu unitatea. Depinde de parametrii materialului străbătut: conductivitatea termică (λ), densitatea (ρ), căldura masică medie a procesului izobar ($\overline{c_p}$) şi de perioada oscilaţiilor densităţii fluxului termic (T).	$S_m = \frac{q_{max}}{A_{si}} \approx \sqrt{\frac{2\pi.\lambda\rho\overline{c_p}}{T}}$	$\frac{W}{m^2K}$

Tabelul 3.2 (continuare)

1	2	3	4	5	6
12	Coeficient de asimilare termică al suprafeței intelrioare	S_i	Amplitudinea de oscilație a densității fluxului termic la amplitudinea egală cu o unitate a temperaturii suprafeței interioare (T_{si}) determinând capacitatea suprafeței interioare de a acumula o cantitate de căldură variabilă, în funcție de temperatura sa	$S_i = \frac{A_q}{A\theta_i} + \frac{q_{\max} - q_{med}}{T_{si_{\max}} - T_{si_{med}}}$	$\frac{W}{m^2K}$
13	Coeficient de asimilare termică al suprafeței exterioare	S	Amplitudinea de oscilație a densității fluxului termic la amplitudinea egală cu o unitate a temperaturii suprafeței exterioare (T) determinând capacitatea suprafeței exterioare de a acumula o cantitate de căldură variabilă, în funcție de temperatura sa	$S_i = \frac{A_q}{A\theta_e} + \frac{q_{\max} - q_{med}}{T_{se_{\max}} - T_{se_{med}}}$	$\frac{W}{m^2K}$
14	Coeficient de difuzie	K_d	Densitatea fluxului de substanță difuzată (q_d) care străbate, după normala la suprafețele de egală concentrație, un strat de fluid cu grosimea egală cu unitatea, când gradientul produsului dintre concentrație și densitate este de o unitate	$K_d = \frac{q_d - \text{grad}(C \cdot \rho)}{[\text{grad}(C \cdot \rho)]^2}$	$\frac{m^2}{s}$
15	Coeficient de dilatare a suprafeței	β_s	Limita coeficientului mediu de dilatare a suprafeței ($\overline{\beta_s}$) când variația temperaturii tinde către zero	$\beta_s = \frac{1}{S_0}\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_p$	K^{-1}
16	Coeficient de dilatare liniară	λ^{α}	Limita coeficientului mediu de dilatare liniară ($\overline{\alpha}$) când variația temperaturii tinde către zero	$\alpha = \frac{1}{l_0}\left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p$	K^{-1}

1	2	3	4	5	6
17	Coeficient de dilatare volumică	γ	Limita coeficientului mediu de dilatare volumică ($\bar{\gamma}$) când variația temperaturii tinde către zero	$\gamma = \frac{1}{V_0}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$	K^{-1}
18	Coeficient de emisie	ε	Fluxul radiant al unui corp în raport cu fluxul radiant al corpului negru în aceleaşi condiţii de temperatură	$\varepsilon = \frac{E}{E_c}$	
19	Coeficient de masivitate termică a elementului de construcţie	m	Factor de corecţie care ţine seama de inerţia termică a elementului de construcţie la variaţiile de temperatură ale aerului exterior, depinzând de indicele inerţiei termice		
20	Coeficient de neuniformitate a transferului de căldură	M	Amplitudinea de oscilaţie a densităţii fluxului termic, la valoarea medie unitară a acestuia, caracterizând funcţionarea cu întrerupere a instalaţiei de încălzire	$M = \frac{A_q}{q_{med}} = \frac{q_{med} - q_{min}}{2q_{med}}$	
21	Coeficient de permeabilitate la aer a materialului	i	Debitul de aer care străbate perpendicular unitatea de suprafaţă a unui element de construcţie omogen, cu grosimea presiunilor aerului pe cele două suprafeţe (exterioară şi interioară) este egală cu unitatea	$i = \frac{L}{S} \cdot \frac{d}{\Delta p}$	s
22	Coeficient de permeabilitate la vapori a materialului	μ	Debitul de vapori care străbate perpendicular unitatea de suprafaţă a unui element de construcţie omogen cu grosimea egală cu unitatea când diferenţa presiunilor vaporilor pe cele două suprafeţe (exterioară şi interioară) este egală cu unitatea	$\mu = \frac{D}{S} \cdot \frac{d}{\Delta p}$	s

Tabelul 3.2 (continuare)

1	2	3	4	5	6
23	Coeficient de stabilitate termică a elementului de construcție	β	Diferența dintre temperatura aerului interior și temperatura aerului exterior la diferența de o unitate dintre temperatura aerului interior și temperatura minimă a suprafeței interioare a elementului de construcție	$\beta = \frac{T_i - T_e}{T_i - T_{si\,min}}$	
24	Coeficient total de transfer termic	K	Fluxul termic ce străbate după normala la suprafețe, un element de construcție compus din straturi cu suprafețe paralele, când diferența temperaturilor fluidelor de o parte și de alta a elementului de construcție este egală cu unitatea	$K = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{1}{\frac{1}{S_1 \alpha_i} + \sum_{j=1}^{n} \frac{d_j \varphi_j}{\lambda_j S_{j+1}} + \frac{1}{S_{n+1} \alpha_e}}$	
25	Coeficient mediu al lui Poleak	$\overline{\varphi}_{jk}$	Densitatea fluxului termic radiant către o suprafață la o densitate a fluxului termic radiant totală difuză și egală cu unitatea, egală cu mărimea coeficientului de iradiere reciprocă la suprafața emitentă de o unitate	$\overline{\varphi}_{jk} = \frac{e_{jk}}{e_j} = \frac{\overline{S}_{jk}}{\overline{S}_j}$	
26	Coeficient mediu de compresie izotermă	$\overline{X}_r$	Variația unității de volum dintr-un corp produsă cu o unitate a presiunii ce se exercită asupra corpului, într-un proces izoterm	$\overline{X}_r = \frac{1}{V_0}\left(\frac{\Delta V}{\Delta p}\right)_T$	$\frac{m^2}{N}$
27	Concentrație	C	Cantitatea de difuzant (m_d) la cantitatea totală de difuzat (m_f) egală cu unitatea	$C = \frac{m_d}{m_d + m_p}$	

1	2	3	4	5	6
28	Conductivitate termică: – perpendiculară pe fibre; – paralelă cu fibre; – tangențială pe fibre; – paralelă cu axa *Ox*; – paralelă cu axa *Oy*; – paralelă cu axa *Oz*.	λ $\lambda_{\perp}$ $\lambda_{\parallel}$ λ_{τ} λ_{x} λ_{y} λ_{z}	Proprietate intrinsecă a materiei, reprezentând densitatea fluxului termic ce străbate, perpendicular pe suprafețe, un perete plan, paralel, infinit, omogen, izotrop cu grosimea de o unitate, când diferența temperaturilor celor două suprafețe ale sale este egală cu unitatea. La un material anizotrop conductivitatea termică este diferită după cum urmează: – densitatea fluxului termic este perpendiculară pe fibre; – densitatea fluxului termic este paralelă cu fibrele; – densitatea fluxului termic este tangențială la fibre; – densitatea fluxului termic este paralelă cu axa *Ox* a unui sistem cartezian de coordonate; – densitatea fluxului termic este paralelă cu axa *Oy*; – densitatea fluxului termic este paralelă cu axa *Oz*.	$\lambda = \frac{q \cdot \text{grad}\, T}{[\text{grad}\, T]^2}$	$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$
29	Conductivitate termică echivalentă a elementului de construcție compus, la densitatea fluxului termic perpendiculară pe suprafețele de separație ale straturilor elementului de construcție	$\lambda_{e\perp}$	Conductivitatea termică medie în cazul unui element de construcție alcătuit din straturi cu suprafețele paralele cu suprafețele sale exterioare și așezate perpendicular față de direcția fluxului termic: – element de construcție plan;	$\lambda_{e\perp} = \frac{\sum_{j=1}^{n} d_j}{\sum_{j=1}^{n} \frac{d_j}{\lambda_j}}$	$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$

Tabelul 3.2 (continuare)

1	2	3	4	5	6
			– element de construcţie cilindric;	$\lambda_{e\perp} = \dfrac{\ln \dfrac{D_{n+1}}{D_1}}{\sum\limits_{j=1}^{n} \dfrac{1}{\lambda_j} \ln \dfrac{D_{j+1}}{D_j}}$	
			– element de construcţie sferic	$\lambda_{e\perp} = \dfrac{\dfrac{1}{D_1} - \dfrac{1}{D_{n+1}}}{\sum\limits_{j=1}^{n} \dfrac{1}{\lambda_j}\left(\dfrac{1}{D_j} - \dfrac{1}{D_{j+1}}\right)}$	
30	Conductivitate termică echivalentă a elementului de construcţie plan, compus, la densitatea fluxului termic paralel cu suprafeţele de separaţie ale straturilor elementului de construcţie	$\lambda_{e\parallel}$	Conductivitate termică medie în cazul unui element de construcţie plan, alcătuit din straturi cu suprafeţele plan paralele cu direcţia densităţii fluxului termic	$\lambda_{e\parallel} = \dfrac{\sum\limits_{j=1}^{n} S_j \lambda_j}{\sum\limits_{j=1}^{n} S_j}$	$\dfrac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$
31	Constantă caracteristică a gazului perfect	R	Lucrul mecanic de dislocare al unităţii de masă dintr-un gaz perfect pentru o temperatură termodinamică egală cu unitatea	$R = \dfrac{pV}{mT}$	$\dfrac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
32	Conţinut de vapori de apă al aerului umed: – maxim	x	Masa vaporilor de apă din unitatea de masă de aer uscat în care sunt amestecaţi vaporii, formând împreună aerul umed	$x = \dfrac{m_v}{m_u + m_v} \approx \dfrac{m_v}{m_u}$	

1	2	3	4	5	6
	Sinonime: Raport de amestec, titlul vaporilor	x_s	Conținutul de umiditate al aerului umed saturat	$x_s = \frac{m_{vs}}{m_a}$	
33	Densitate a fluxului termic: – conductiv; – convectiv; – radiant	q, φ q q_c q_r	Flux termic care străbate perpendicular unitatea de suprafață La propagarea căldurii prin conducție La propagarea căldurii prin convecție La propagarea căldurii prin radiație	$q = \frac{\delta Q}{dS}$ $q = -\lambda \text{ grad } T$ $q = \alpha_c - \Delta \vec{n}$ $q = \alpha_r - \Delta T \cdot \vec{n}$	$\frac{W}{m^2}$
34	Densitate a fluxului radiant	e	Puterea de radiație a unității de suprafață radiantă	$E = \frac{\delta E}{dS}$	$\frac{W}{m^2}$
35	Diferență de temperatură între temperatura aerului interior și temperatura suprafeței interioare	ΔT_i		$\Delta T_i = T_i - T_{si}$	K
36	Difuzivitate termică	a	Parametru fizic al materiei caracterizând dispersia câmpului de temperaturi într-un corp	$a = \frac{\lambda}{\rho \times c_p}$	$\frac{m^2}{s}$
37	Entalpie	I (H)	Energia unui sistem, formată din energia internă (U) și lucrul mecanic de dislocare (pV)	$I = U = pV$	J
38	Entropie	S	Mărime de stare care caracterizează evoluția unui sistem termodinamic, egală cu raportul dintre cantitatea de căldură schimbată de sistem cu mediul înconjurător într-un proces și temperatura la care are loc acest schimb	$dS = \frac{\delta Q}{T}$	$\frac{J}{K}$

Tabelul 3.2 (continuare)

1	2	3	4	5	6
39	Energia liberă	F	Mărime care caracterizează capacitatea unui sistem de a efectua lucru mecanic, într-un proces izoterm-izocor şi egală cu diferenţa dintre energia internă a sistemului şi energia legată (TS)	$F = U - Ts$	J
40	Flux termic *Sinonim*: Debit de căldură	Q	Cantitatea de căldură care străbate o suprafaţă în unitatea de timp	$Q = \frac{\delta Q}{dt}$	W
41	Flux radiant *Sinonim*: Flux termic radiant	E	Energia radiantă pe care o emite un corp în unitatea de timp	$E = \frac{\delta Q}{dt}$	W
42	Frecvenţa lunară (anuală) a nebulozităţii	f	Numărul de zile cu o anumită nebulozitate raportat la numărul de zile dintr-o lună (an)		
43	Grad de ecranare	ψ	Suprafeţele cu transfer termic prin radiaţie (S_r) raportate la suprafaţa totală (S_t) a focarului	$\psi = \frac{S_r}{S_t}$	
44	Grosime a peretelui compus	d	Grosimea totală a straturilor în cazul elementului de construcţie compus din straturi cu suprafeţe paralele între ele şi perpendiculare pe direcţia densităţii fluxului termic	$d = \sum_{j=1}^{n} d_j$	m

1	2	3	4	5	6
45	Grosimea redusă a stratului elementului de construcție plan – la permeabilitate termică; – la transfer termic prin suprafață	d_r	Grosimea pe care trebuie să o aibă stratul plan, omogen, cu conductivitate termică constantă, al unui element de construcție pentru a avea rezistența termică specifică egală cu: – cea a unui strat cu grosimea d_j și conductivitatea termică λ_j; – rezistența specifică la propagarea căldurii printr-o suprafață cu coeficient de transfer termic prin suprafață	$d_r = \frac{\lambda_o}{\lambda_j} d_j$ $d_r = \frac{\lambda_o}{\alpha}$	m m
46	Grosime a stratului variațiilor mari de temperatură	d_v	Grosimea stratului către interior al elementului de construcție exterior pentru care amplitudinea de oscilație a temperaturii se înjumătățește, respectiv indicele inerției termice este egal cu unitatea	$d_v = \frac{\lambda}{s_m}$	m
47	Indicele inerției termice a elementului de construcție plan	D	Caracteristică termică a elementului de construcție plan, omogen, reprezentând produsul dintre rezistența specifică la permeabilitate termică (R) și coeficientul de asimilare termică a materialului (s). Pentru pereții plani, compuși din mai multe straturi, indicele inerției termice rezultă prin însumarea indicilor inerției termice ai straturilor componente	$D = R \cdot s$ $D = \sum_{j=1}^{n} D_j = R_j s_j$	
48	Indicele transformării *Sinonim:* Indicele politropei	N	Exponentul din ecuația transformării pe care o parcurge un sistem macroscopic: pV^n = constant	$N = \frac{c_p - c}{c_v - c}$	

Tabelul 3.2 (continuare)

1	2	3	4	5	6
49	Intensitate a radiației	I_λ	Variația densității fluxului radiant la variația lungimii de undă a radiației egală cu unitatea	$I_\lambda = \frac{de}{d\lambda}$	$\frac{W}{m^2}$
50	Permeabilitate la aer a unui strat al elementului de construcție plan	P_{aj}	Debitul de aer care străbate prin unitatea de suprafață un strat omogen din cadrul unui element de construcție plan, compus, când diferența presiunilor aerului pe cele două suprafețe ale stratului este egală cu unitatea	$P_{aj} = \frac{L}{S} \cdot \frac{1}{\Delta p_j} = \frac{i_j}{d_j}$	$\frac{s}{m}$
51	Permeabilitate la vapori a unui strat al elementului de construcție plan	P_{vj}	Debitul de aer care străbate prin unitatea de suprafață un strat omogen din cadrul unui element de construcție plan, compus, când diferența presiunilor vaporilor pe cele două suprafețe ale stratului este egală cu unitatea	$P_{vj} = \frac{D}{S} \cdot \frac{1}{\Delta p_j} = \frac{\mu_j}{d_j}$	$\frac{s}{m}$
52	Permeabilitate termică a unui strat al elementului de construcție plan	A	Densitatea fluxului termic care străbate, perpendicular pe suprafețele plane, paralele considerate infinite, un strat omogen, izotrop, când diferența temperaturilor celor două suprafețe ale stratului este egală cu unitatea	$A = \frac{\lambda}{d}$	$\frac{W}{m^2K}$
53	Pierdere liniară de presiune	Δp_l	Pierderea de presiune în lungul traseului fluidului datorită frecării acestuia de pereții conductei	$\Delta p_l = \lambda \frac{l}{D} \frac{w^2}{2} \rho$	Pa
54	Pierdere locală de presiune	Δp_r	Pierderea de presiune datorită unei rezistențe hidraulice locale (schimbare de direcție sau de secțiune) existente pe traseul fluidului în mișcare	$\Delta p_r = \xi \frac{w^2}{2} \rho$	Pa

1	2	3	4	5	6
55	Porozitate a materialului	P	Diferența dintre densitatea materialului compact și densitatea aparentă a materialului (ρ_a) la densitatea materialului compact (ρ) egală cu unitatea	$P = \frac{\rho - \rho_a}{\rho}$	
56	Presiune de saturație	p	Presiunea de echilibru la temperatură constantă, de saturație, în sistemul bifazic (solid-lichid, solid-gaz, lichid-gaz)		Pa
57	Presiune parțială a vaporilor – la interior; – la exterior	p_v p_{vi} p_{ve}	Presiunea pe care o exercită vaporii dintr-un amestec de gaz, când ocupă singuri la aceeași temperatură, volumul amestecului: – la temperatura aerului interior; – la temperatura aerului exterior.		Pa
58	Presiune termică	p_t	Presiunea exercitată de forțele ascensionale, depinzând de înălțimea coloanei de fluid (h) și diferența densităților, generată de un câmp neuniform de temperaturi	$p_t = h\,g\,(\rho_2 - \rho_1)$	Pa
59	Punct de rouă	τ_r	Temperatura la care presiunea parțială a vaporilor unui component dintr-un amestec de gaz, răcit izobar și sub același raport de amestec, devine egală cu presiunea lor de saturație, în raport cu faza lichidă respectivă		K

Tabelul 3.2 (continuare)

1	2	3	4	5	6
60	Putere calorică superioară (inferioară) a combustibilului	$H_s-(H_i)$	Cantitatea de căldură degajată prin arderea izoterm-izobară a unității de masă (volum) dintr-un combustibil la stare normală Puterea calorică superioară H_s corespunde fazei lichide a apei în gazele de ardere Puterea calorică inferioară H_i corespunde fazei gazoase a apei în gazele de ardere	$H_s=\left(\frac{Q_s}{m}\right)_{p_0,T_0}$; $H_i=\left(\frac{Q_i}{m}\right)_{p_0,T_0}$ $H_s=\left(\frac{Q_s}{m}\right)_{p_0,T_0}$ $H_i=\left(\frac{Q_i}{m}\right)_{p_0,T_0}$	$\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}$; $\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}$ $\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{m^3}}$ $\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{m^3}}$
61	Rezistența la propagarea căldurii *Sinonim*: rezistență la transfer termic	R_0	Suma rezistențelor termice la propagarea căldurii prin suprafața și la permeabilitate termică	$R_0=\frac{1}{K}=R_i+\sum R_j+R_e=\frac{1}{S_1\alpha_i}+\sum_{j=1}^{n}\frac{d_j\varphi_j}{\lambda_j S_{j+1}}+\frac{1}{S_{n+1}\alpha_e}$	$\frac{\mathrm{K}}{\mathrm{W}}$
62	Rezistența la permeabilitate la aer a elementului de construcție plan	R_a	Suma rezistențelor la permeabilitate la aer a straturilor elementului de construcție plan. Pentru un strat omogen este inversul permeabilității la aer	$R_a=\sum_{j=1}^{n}R_{aj}=\sum_{j=1}^{n}\frac{d_j}{i_j}$	$\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
63	Rezistența la permeabilitate la vapori a elementului de construcție plan	R_v	Suma rezistențelor la permeabilitate la vapori a straturilor elementului de construcție plan. Pentru un strat omogen este inversul permeabilității la vapori	$R_v=\sum_{j=1}^{n}R_{vj}=\sum_{j=1}^{n}\frac{d_j}{\mu_j}$	$\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

1	2	3	4	5	6
64	Rezistență la permeabilitate termică a stratului elementului de construcție *Sinonim*: Rezistență termică	R	Rezistența întâmpinată de fluxul termic care străbate un strat din cadrul unui element de construcție compus, când diferența temperaturilor celor două suprafețe ale stratului este egală cu unitatea. Rezistența stratului elementului de construcție plan la permeabilitate termică este rezistența specifică raportată la o unitate de suprafață a elementului de construcție, străbătut perpendicular de densitatea fluxului termic Pentru stratul elementului de construcție – cilindric (de lungime unitară): – sferic	$R = \frac{R_s}{S} = \frac{1}{S\Lambda} = \frac{d_j}{S \cdot \lambda_j}$ $R = \frac{1}{2\pi\lambda_j} \ln \frac{D_{j+1}}{D_j} = \frac{d_j \varphi_j}{\lambda_j S_{j+1}}$ $R = \frac{1}{2\pi\lambda_j}\left(\frac{1}{D_j} - \frac{1}{D_{j+1}}\right) = \frac{d_j \varphi_j}{\lambda_j S_{j+1}}$	
65	Rezistența termică la propagarea căldurii prin suprafață (rezistență la transfer termic prin suprafață) – interioară;		Rezistența întâmpinată de fluxul termic ce străbate suprafața de separație dintre un solid și un fluid, când diferența dintre temperatura suprafeței și temperatura medie a fluidului este egală cu unitatea – rezistența termică la propagarea căldurii prin suprafața interioară a unui element de construcție;	$R_i = \frac{R_{si}}{S_e} = \frac{1}{S_i \alpha_i}$	

1	2	3	4	5	6
	– exterioară *Sinonim*: rezistență la transfer prin suprafața exterioară (interioară)	R_e	– rezistența termică la propagarea căldurii prin suprafața exterioară a unui element de construcție.	$R_e = \frac{R_{se}}{S_e} = \frac{1}{S_e \alpha_e}$	$\frac{K}{W}$
66	Rezistența specifică la permeabilitate termică a stratului elementului de construcție – perpendicular pe fibre; – paralelă cu fibrele; – tangențială la fibre.	R_s $R_\perp$ R_{II} R_τ	Inversul permeabilității termice. La un strat anizotrop, din cadrul unui element de construcție plan compus, rezistența specifică este diferită după cum fluxul termic este: – perpendicular pe fibre; – paralel cu fibrele; – tangențial la fibre.	$R = \frac{1}{\Lambda_j} = \frac{d_j}{\lambda_j}$ $R_\perp = \frac{d_j}{\lambda_{\perp j}}$ $R_{II} = \frac{d_j}{\lambda_{IIj}}$ $R_\tau = \frac{d_j}{\lambda_{\tau j}}$	$\frac{m^2K}{W}$
67	Rezistența termică specifică a elementului de construcție plan	R_{s1}	Inversul coeficientului specific total de transfer termic prin elementul de construcție plan, reprezentând suma rezistențelor termice specifice la propagarea căldurii prin suprafață (exterioară și interioară) și la permeabilitate termică	$R_{s1} = R_{si} + \sum_{j+1}^{n} R_{sj} + R_{se} = R_{se} + \frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^{n} \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}$	$\frac{m^2K}{W}$

1	2	3	4	5	6
68	Rezistența termică specifică a elementului de construcție cilindric	R_{s2}	Inversul coeficientului specific total de transfer termic prin elementul de construcție cilindric, raportat la suprafața S_j	$R_{s2} = \frac{1}{k_j} = S_j \left(\frac{1}{S_j \alpha_i} + \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{2\pi\lambda_j} \cdot \ln \frac{D_{j+1}}{D_j} + \frac{1}{S_{n+j}\alpha_e} \right)$	$\frac{m^2K}{W}$
69	Rezistența termică specifică a elementului de construcție sferic	R_{s3}	Inversul coeficientului specific total de transfer termic prin elementul de construcție sferic, raportat la suprafața S_j	$R_{s3} = \frac{1}{k_j} = S_j \left[\frac{1}{S_j \alpha_i} + \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{2\pi\lambda_j} \cdot \left(\frac{1}{D_j} - \frac{1}{D_{j+1}} \right) + \frac{1}{S_{n+j}\alpha_e} \right]$	$\frac{m^2K}{W}$
70	Rezistență termică specifică la propagarea căldurii prin suprafață – la interior; – la exterior.	R_{sk}	Inversul coeficientului de transfer termic prin suprafață, reprezentând rezistența întâmpinată de densitatea fluxului termic care străbate după normală suprafața de separație dintre un solid și un fluid, când diferența dintre temperatura suprafeței și temperatura medie a fluidului este egală cu: – rezistența termică specifică la propagarea căldurii prin suprafața interioară a unui element de construcție; – rezistența termică specifică la propagarea căldurii prin suprafața exterioară a unui element de construcție;	$R_{sk} = \frac{1}{\alpha_k} = \frac{\Delta T_k}{q}$ $R_{si} = \frac{1}{\alpha_i}$ $R_{se} = \frac{1}{\alpha_e}$	$\frac{m^2K}{W}$

1	2	3	4	5	6
71	Rezistență minimă necesară la transfer termic	R_{0nec}	Rezistența termică totală la propagarea căldurii printr-un element de construcție plan, rezultată din condiția limitării densității fluxului termic la valoarea sa maximă pentru care nu se produc condensări pe suprafață, asigurându-se condițiile de confort termic	$R_{0\,nec} = \frac{(T_i - T_e) m \cdot n}{\alpha_i \cdot (T_i - T_{si})_{max}}$	$\frac{K}{W}$
72	Rezistivitate termică	ρ_t	Inversul conductivității termice	$\rho_t = \frac{1}{\lambda}$	$\frac{m^2K}{W}$
73	Sarcină termică *Sinonime*: Putere termică, necesar de căldură	Q	Fluxul termic în regim staționar utilizat în dimensionarea construcțiilor și a instalațiilor de microclimă aferente	$Q = \frac{Q}{t}$	W
74	Temperatura aerului – la interior; – la exterior.	T_i T_e	Temperatura medie a aerului din interiorul (exteriorul) unei încăperi (clădiri)		K
75	Temperatură de contact	T_c	Temperatura care se stabilește pe suprafața de contact perfect a două medii conductive omogene semiinfinite, caracterizate prin temperatură (T), densitate (ρ), conductivitate termică (λ) și căldură masică medie într-un proces izobar (c_p)	$T_c = \frac{\varepsilon_1 T_1 + \varepsilon_2 T_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon}$ $\varepsilon_I = \sqrt{\lambda_1 \rho_1 \bar{c}_{p1}}$ $\varepsilon_I = \sqrt{\lambda_1 \rho_1 \bar{c}_{p1}}$	
76	Temperatură de saturație	T_s	Temperatura vaporilor unui corp când densitatea acestora este maximă la o anumită presiune (de saturație)		K

1	2	3	4	5	6
77	Temperatura exterioară de calcul	T_{ec}	Media temperaturilor exterioare pentru perioada cu temperaturi minime ale aerului, durata acestei perioade stabilindu-se convențional.		K
78	Temperatură interioară de calcul	T_{ic}	Temperatura medie a aerului interior care corespunde condițiilor de confort, stabilită convențional		K
79	Temperatura suprafeței: – interioare – exterioare	 T_{si} T_{se}	Temperatura suprafeței interioare (exterioare) a elementului de construcție		K
80	Umiditate absolută a aerului uscat – maximă	a a_s	Masa vaporilor de apă din unitatea de volum de aer umed. Cantitatea maximă de vapori de apă (la saturație) din unitatea de volum de aer umed la o temperatură dată	$a = \frac{m_v}{V_{am}}$ $a_s = \frac{m_{vs}}{V_{am}}$	$\frac{kg}{m^3}$ $\frac{kg}{m^3}$
81	Umiditate relativă a aerului umed: – interior – exterior	φ φ_i φ_e	Umiditatea absolută a aerului umed la umiditatea absolută maximă (la saturație) egală cu unitatea, la aceeași temperatură și la aceeași presiune barometrică – la interiorul încăperilor; – la exteriorul încăperilor.	$\varphi = \frac{a}{a_s} = \frac{x}{x_s}$	
82	Umiditatea relativă masică a materialului	W	Cantitatea de apă din material (diferența dintre masa materialului umed, m_1, și masa materialului uscat, m_2), la masa materialului uscat, m_2, egală cu unitatea	$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2}$	

4.

ACUSTICA CONSTRUCȚIILOR

4.1. Elemente generale

Preocupările privind acustica clădirilor datează din timpuri străvech În perioada dezvoltării culturii greceşti, Aristotel (384-322 î.e.n.) a clasific ramurile acusticii în: propagarea undelor sonore, construcția instrumentel muzicale şi mecanismul auzului. Civilizația antică s-a preocupat de construc teatrelor şi templelor (Vitruviu, sec. I. î.e.n.), unde s-au aplicat principii acustică valabile, în parte, şi în timpurile moderne. În arhitectura antic preocupările de acustică se refereau, în special, la construcțiile amplasate aer liber (amfiteatre). În Evul Mediu şi în Renaştere, opiniile lui Aristot privind fenomenele fizice au constituit dogme intacte. Galileo Galilei şi Is Newton, în secole XVI şi XVII, abordează investigații privind propagar undelor sonore. Prima carte, intitulată *Acustica*, aparține lui Chladni (175 1824). Între anii 1810 şi 1830 Young, Fresnel, Fourier, Poisson, Laplace alții dezvoltă teoria propagării undelor elastice şi termice. În 1851, Co (1822-1976) descrie structura urechii ca organ al auzului. Prima lucra modernă, intitulată *Teoria sunetului*, apare în 1878 şi se datorează Rayleigh (1842-1919). Acustica spațiilor închise (încăperilor) este preocupare relativ recentă. Primele elemente fundamentate ştiințific, privi acustica clădirilor, au fost precizate de către Sabine (1868-1919), la începu secolului XX.

Problemele privind acustica clădirilor se referă la două aspecte:

- *studiul sunetului* ca factor nociv în construcții ;

- studiul condițiilor pentru realizarea unei acustici deosebite a sălilor.

Acustica construcțiilor, capitol al fizicii construcțiilor, se ocupă cu probleme legate de propagarea și recepționarea energiei acustice, astfel tratate încât să se țină seama de specificul științei construcțiilor și de scopul asigurării confortului în interiorul unităților funcționale din clădire.

Problemele de acustică se referă pe de-o parte la izolarea fonică a construcțiilor, urmărind eliminarea sau cel mult diminuarea nivelului de audiție și, pe de altă parte, la tratarea sălilor de audiție, unde obiectivul principal este punerea în valoarea a sunetelor și difuziunea lor pentru o audiție de calitate.

Datorită influenței dăunătoare pe care o are asupra sănătății oamenilor, zgomotul a devenit o problemă majoră pentru țările civilizate, fapt pentru care au fost legiferate o serie de măsuri menite să protejeze omul.

Zgomotele urbane și din locuințe pot fi apreciate, în general, ca zgomote de intensitate medie. Cu toate acestea, datorită caracterului prelungit de acțiune al acestora, ele pot fi considerate drept iritanți cronici ai mediului.

Principalele surse de zgomot care pot afecta unitățile funcționale din clădiri sunt: zgomote provenite din exploatarea curentă a unităților funcționale, zgomote provenite de la spațiile tehnice (centrale, posturi trafo, ascensor, condiționarea aerului) sau comerciale.

Domeniul de audibilitate variază între 16 și 20 000 Hz (limita inferioară a audibilității și limita superioară, care produce senzații de durere și apăsare asupra timpanului).

4.2. Definirea noțiunii de confort acustic

În fiecare unitate funcțională, în funcție de specificul activității ce se desfășoară, se stabilește un anumit nivel de tărie al zgomotelor produse sau declanșate, numit nivel admisibil.

Nivelul de tărie admis se exprimă în dB (A, B, C). Acest nivel nu are în vedere decât în mod implicit compoziția zgomotului.

În combaterea zgomotului nu este suficientă numai cunoașterea compoziției, ci și a spectrului acestuia. În normele tehnice sunt prezentate curbe de zgomot indicate prin simbolul C_z urmat de numărul de ordine al curbei (de exemplu, C_z30) care, de fapt, exprimă spectrul.

În România sunt prezentate în norme tehnice valori minime și maxime pentru fiecare spațiu, în funcție de destinație (tabelul 4.1), în STAS 6156/1987.

Tabelul 4.1

Valori admisibile ale zgomotului interior

Tipul de clădire	Unitate funcțională	Valoare admisibilă a zgomotului interior	
		Număr de ordine a curbei C_z	dB (A)
Clădiri de locuit	Apartamente	30	35
Cămine, hoteluri, case de oaspeți	Camere de locuit	30	35
	Săli de studiu	30	35
	Birouri	40	45
	Săli restaurant sau alimentație publică	45	50
Spitale	Camere și saloane, holuri	30	35
	Săli de operații	30	35
	Cabinete consultații	30	35
	Birouri administrative	40	45
	Săli de mese	40	45

Zgomotul produs se compară cu aceste curbe C_z și astfel se va stabili măsura în care sunt îndeplinite condițiile de confort termic.

În figura 4.1 se pot observa curbele limită privind criteriile de evaluare a nivelului de zgomot C_z.

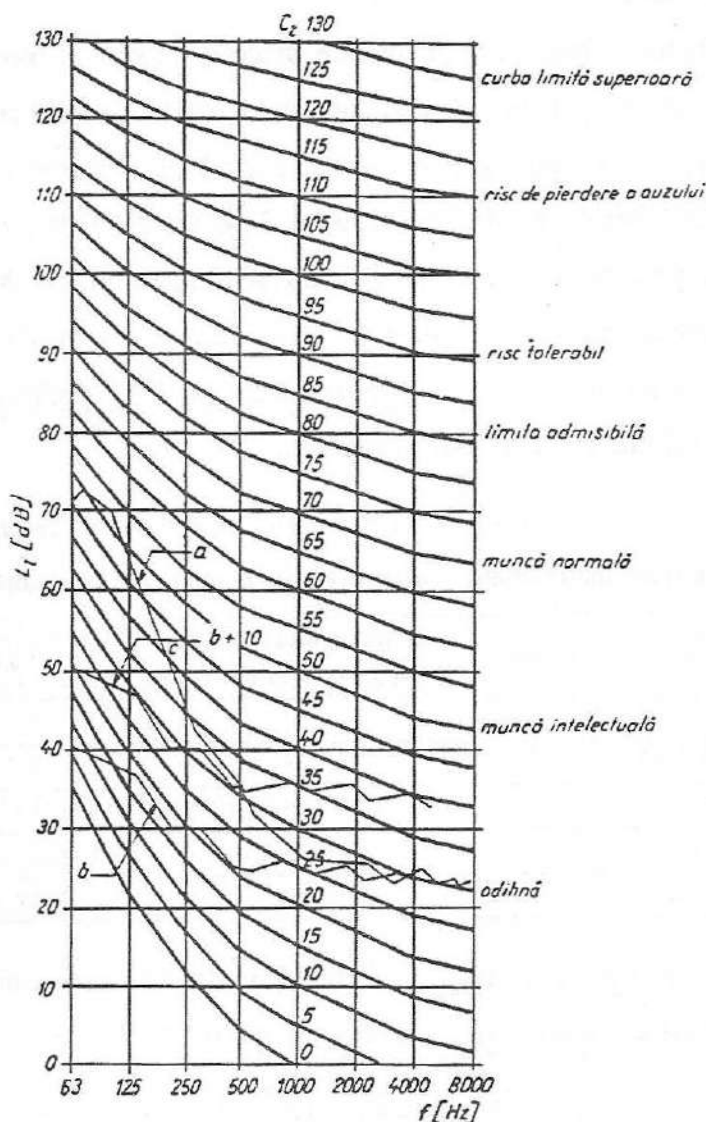


Fig. 4.1. Curbele limită privind criteriile de evaluare a nivelului de zgomot C_z conform normelor internaționale:
a – zgomot analizat; *b* – zgomot de fond; *c* – zgomot de fond + 10 dB.

4.3. Propagarea zgomotelor în spații construite. Acustica urbană

Zgomotul urban este un factor poluant care afectează o mare parte din locuitorii orașelor.

Elementul primordial care trebuie avut în vedere la proiectarea și executarea construcției, pentru a asigura în interiorul acesteia cerințele de confort, este ca zgomotul din interior să nu depășească valorile curbei de zgomot C_z30. Este de dorit ca valorile lui C_z să se realizeze cu ferestrele deschise, după cum este de dorit ca pe arterele de circulație să existe un climat acustic cât mai puțin poluant. În acest sens, se recomandă ca nivelul de zgomot echivalent $L_{echiv.}$ la 3 m de clădire și 1,3 m înălțime, să nu depășească valorile prezentate în tabelul 4.2.

Tabelul 4.2

Valori ale limitei admise pentru nivelul de zgomot exterior clădirii

Zonă urbană protejată	Limita admisă a nivelului de zgomot exterior clădirii	Curba C_z
Zone de locuit	50	45
Zone de odihnă	45	40
Dotări protejate	45	40
Centru cartier	55	50
Centru oraș	60	55

$L_{echiv.}$ reprezintă nivelul de zgomot echivalent într-un anumit punct dintr-o zonă urbană și provine din acțiuni diferite (n):

$$L_{echiv.} = \frac{q}{0,3} \lg\left(\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n} t_i \cdot 10^{\frac{0,3}{q}L_i}\right) \quad [\text{dB}]$$

unde: q este coeficient de influență a sursei de zgomot:

$q = 4$ pentru zgomot din trafic;

q = 3 pentru zgomot provenit din interiorul incintelor industriale, școli etc.;

T – durata de timp [s];

t_i – durata de timp corespunzătoare acțiunii i;

L_i – nivelul de zgomot caracteristic acțiunii i în punctul considerat.

Orientativ, pentru zgomotul provenit din trafic, nivelul de zgomot ...alent se poate exprima cu relația:

$$L_{echiv.} = 34 + 10 \lg (n_1 + 20\, n_2),$$

...: n_1 este numărul de vehicule ușoare care trec pe artera de circulație;

n_2 – numărul de vehicule grele care trec.

... Propagarea sunetelor în spații închise

Realizarea confortului acustic interior a preocupat specialiștii din cele ... ...chi timpuri.

Dacă în aer liber legile acusticii sunt mai ușor de aplicat, în spații ...se este necesar să se cunoască relațiile fundamentale care leagă undele ... de caracteristicile spațiale ale încăperilor, de caracteristicile de absorbție ...erialelor folosite la finisajele interioare.

Se consideră că într-o încăpere de volum V se emite o sursă sonoră de ... P. Suprafața totală a încăperii se compune dintr-o sumă de suprafețe ...ce și caracterizate fiecare printr-un coeficient de absorbție α_i, definit ... relația:

$$\alpha_i = \frac{I_o}{I_i}$$

...: I_o este intensitatea de energie sonoră absorbită de material [W/m^2];

I_i – intensitatea de energie sonoră incidentă [W/m^2].

Se definește:

$$A = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i S_i$$

ca fiind suprafață totală de absorbție a încăperii [m²] (U.A.).

Odată cu începerea emisiei, densitatea de energie crește.

Bilanțul energetic din încăpere se poate scrie astfel:

$$P\Delta t = V\Delta \overline{E} + P_a \cdot \Delta t$$

unde: ΔE este creșterea de densitate de energie sonoră în încăperea de volum V [J/m²];

P_a – puterea absorbită de elementele ce delimitează încăperea [W];

P – puterea sursei [W].

Cunoscând:

$$P_a = E \cdot \frac{A \cdot c}{4}$$

unde: E este densitatea de energie în încăpere [J/m²];

A – suprafața totală de absorbție a încăperii [m²] (U.A.);

c – viteza de propagare a sunetului în aer [m/s].

Având în vedere faptul că fenomenul se desfășoară continuu, relația de mai sus devine:

$$V = \frac{d\overline{E}}{dt} + E\frac{Ac}{4} = P$$

cu condiția: $$\left.\frac{d\overline{E}}{dt}\right|_{t=0} = \frac{P}{V}$$

Soluția ecuației este:

$$\overline{E}(t) = \frac{4P}{A \cdot C}\left(1 - e^{\frac{4 \cdot c}{4V}t}\right)$$

și exprimă variația densității de energie, în funcție de puterea sursei, de elementele geometrice și de absorbția din încăpere.

Grafic, variația lui $\overline{E}$ în funcție de timp este redată în figura 4.2:

– zona I – după ce sursa începe să emită, densitatea de energie crește exponențial, cu atât mai rapid cu cât absorbția pereților este mai mică;

– zona II – după un timp suficient de lung, termenul exponențial devine neglijabil și se consideră că $\overline{E}$ se menține la o valoare staționară:

$$\overline{E}s = \frac{4P}{Ac}$$

– zona III – după ce sursa încetează să emită, ecuația devine:

$$V\frac{d\overline{E}}{dt} + \overline{E}\frac{Ac}{4} = 0$$

ceea ce conduce la:

$$\overline{E}\ (t) = \frac{4P}{Ac}e^{-\frac{AC}{4V}t} = \overline{E}s \cdot e^{-\frac{Ac}{4V}t}$$

unde originea timpului t se consideră momentul încetării emisiei.

Pentru caracterizarea modului de stingere a sunetului, deosebit de important pentru confortul acustic, se introduce noțiunea de durată de reverberație, care reprezintă intervalul de timp în care, după încetarea emisiei sursei, densitatea de energie coboară până la a milioana parte din densitatea de energie staționară:

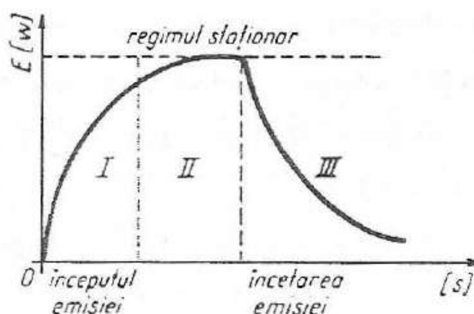


Fig. 4.2. Variația energiei sonore într-o încăpere.

$$\frac{\overline{E}(t)}{Es} = e^{-\frac{AC}{4V}t} = 10^{-8} \Rightarrow T = 0,161\ \frac{V}{A}\ [s]$$

Relația de mai sus este cunoscută sub denumirea de formula lui Sabine și permite calculul timpului de reverberație în ipoteza că absorbția energiei de către suprafețele delimitatoare se face în mod continuu.

Din expresiile de mai sus rezultă că pentru reglarea timpului de reverberație este necesară utilizarea unor materiale fonoabsorbante.

4.5. Materiale și structuri fonoabsorbante

Materialele fonoabsorbante se caracterizează printr-un coeficient de absorbție α ridicat.

Din punct de vedere fizico-mecanic, structurile fonoabsorbante se clasifică în: absorbanți fonici poroși, membrane vibrante, rezonatori și sisteme mixte.

4.5.1. Absorbanți fonici poroși

Materialele din această categorie au porii deschiși la suprafața expusă contactului cu sunetul. Undele acustice incidente pe elementul de construcție fonoabsorbant provoacă oscilații ale aerului în porii materialului. Datorită frecării, energia cinetică se transformă în energie termică. În categoria acestor materiale sunt: vata minerală, PFL poros, poliuretan, vata de pâslă naturală etc.

Curba coeficienților de absorbție este prezentată în figura 4.3.

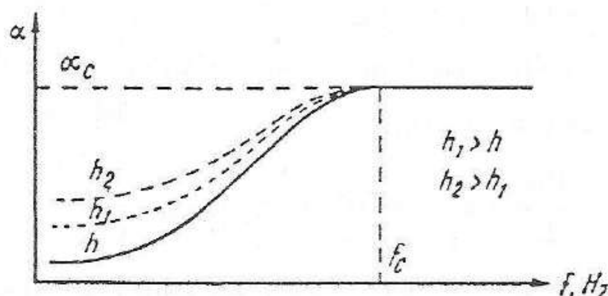


Fig. 4.3. Curba coeficienților de absorbție pentru absorbanți fonici poroși.

Referitor la acest grafic se pot face următoarele observații:

– există o zonă a graficului α - f cuprinsă între frecvența 100 Hz și frecvență f_c, în care coeficientul de absobrție crește de la o valoare neînsemnată la o valoare maximă α_c;

– de la $f > f_c$, coeficienții de absorbție variază neînsemnat.

Montarea acestor materiale se face direct pe suprafața suport sau cu un interspațiu de aer, cu următoarele scopuri: eficacitate acustică sporită; evitarea fenomenului de condens; nivelarea suprafețelor pe care se aplică.

Materialele poroase fonoabsorbante se acoperă cu ecrane perforate din tablă de aluminiu expandat, oțel, țesături din sârmă de oțel sau cupru, plăci din fibre de lemn, folii rigide din PVC. Protecția plăcilor poroase nefinisate se face și cu carelaje din baghete din lemn. În fiecare situație se va căuta să se mențină un procent de goluri de minimum 65% pentru a nu diminua calitățile acustice.

4.3.2. *Membrane vibrante*

Membranele vibrante constau din plăci subțiri alcătuite din materiale dense (placaj, PVC dur, sticlă, PAL) cu o grosime mică, cu o masă redusă, amplasate la o distanță de suprafața suport. Membranele vibrante pot fi asimilate cu sisteme oscilante cu un singur grad de libertate, în care masa oscilantă o constituie membrana. În această ipoteză, se poate considera că membrana are o frecvență proprie f_0 la care, sub acțiunea undelor sonore, se produce fenomenul de rezonanță, și care se determină cu relația:

$$f_0 = \frac{850}{\sqrt{m \cdot d}}$$

în care: m este masa membranei, în kg/m²;

d – distanța membrană - strat suport.

Din expresiile de mai sus rezultă că pentru reglarea timpului de reverberație este necesară utilizarea unor materiale fonoabsorbante.

4.5. Materiale și structuri fonoabsorbante

Materialele fonoabsorbante se caracterizează printr-un coeficient de absorbție α ridicat.

Din punct de vedere fizico-mecanic, structurile fonoabsorbante se clasifică în: absorbanți fonici poroși, membrane vibrante, rezonatori și sisteme mixte.

4.5.1. Absorbanți fonici poroși

Materialele din această categorie au porii deschiși la suprafața expusă contactului cu sunetul. Undele acustice incidente pe elementul de construcție fonoabsorbant provoacă oscilații ale aerului în porii materialului. Datorită frecării, energia cinetică se transformă în energie termică. În categoria acestor materiale sunt: vata minerală, PFL poros, poliuretan, vata de pâslă naturală etc.

Curba coeficienților de absorbție este prezentată în figura 4.3.

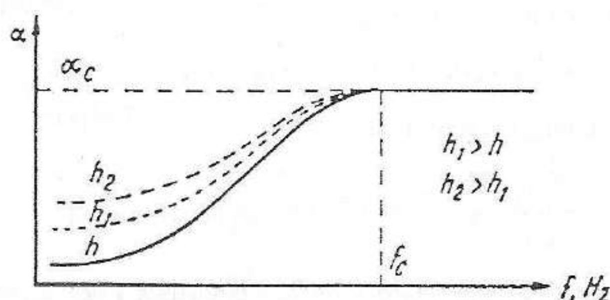


Fig. 4.3. Curba coeficienților de absorbție pentru absorbanți fonici poroși.

Referitor la acest grafic se pot face următoarele observații:

– există o zonă a graficului α - f cuprinsă între frecvența 100 Hz și frecvență f_c, în care coeficientul de absobrție crește de la o valoare neînsemnată la o valoare maximă α_c;

– de la $f > f_c$, coeficienții de absorbție variază neînsemnat.

Montarea acestor materiale se face direct pe suprafața suport sau cu un interspațiu de aer, cu următoarele scopuri: eficacitate acustică sporită; evitarea fenomenului de condens; nivelarea suprafețelor pe care se aplică.

Materialele poroase fonoabsorbante se acoperă cu ecrane perforate din tablă de aluminiu expandat, oțel, țesături din sârmă de oțel sau cupru, plăci din fibre de lemn, folii rigide din PVC. Protecția plăcilor poroase nefinisate se face și cu carelaje din baghete din lemn. În fiecare situație se va căuta să se mențină un procent de goluri de minimum 65% pentru a nu diminua calitățile acustice.

4.5.2. *Membrane vibrante*

Membranele vibrante constau din plăci subțiri alcătuite din materiale dense (placaj, PVC dur, sticlă, PAL) cu o grosime mică, cu o masă redusă, amplasate la o distanță de suprafața suport. Membranele vibrante pot fi asimilate cu sisteme oscilante cu un singur grad de libertate, în care masa oscilantă o constituie membrana. În această ipoteză, se poate considera că membrana are o frecvență proprie f_0 la care, sub acțiunea undelor sonore, se produce fenomenul de rezonanță, și care se determină cu relația:

$$f_0 = \frac{850}{\sqrt{m \cdot d}}$$

în care: m este masa membranei, în kg/m^2;

d – distanța membrană - strat suport.

Când se produce fenomenul de rezonanță, amplitudinea, respectiv vite de deplasare a membranei, devine maximă. Frecările, care sunt proporționa cu viteza de deplasare, cresc și, pentru aceste frecvențe, se obțin valo maxime ale coeficientului de absorbție α_c.

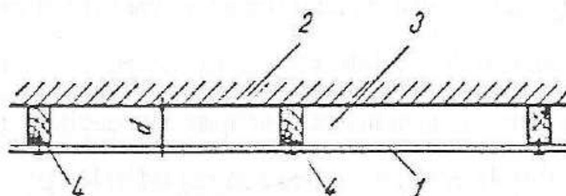


Fig. 4.4. Structură fonoabsorbantă de tip membrană vibrantă:
1 – membrană vibrantă; *2* – strat-suport; *3* – strat de aer; *4* – garnituri elastice.

4.5.3. Rezonatorii

Rezonatorii sunt sisteme mecanice alcătuite dintr-un orificiu și cavit de volum realizate din diferite materiale, având ca prototip rezonatorul elas de tip Helmholtz.

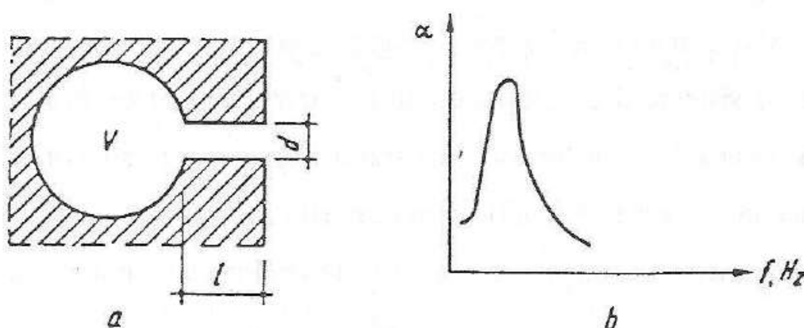


Fig. 4.5. Structuri fonoabsorbante de tip rezonator:
a – rezonator; *b* – diagrama coeficienților de absorbție pentru un rezonator; *V* – volumul cavității; *d* – diametrul orificiului de legătură cu aerul; *l* – lungimea orificiului.

Exigențe privind acustica încăperilor

Zgomotul acționează perturbatoriu asupra sistemului nervos al omului. Caracteristicile zgomotului, care-l definesc sub aspectul nocivității, sunt intensitatea, frecvența și durata expunerii la zgomot.

Măsurile constructive privind asigurarea confortului acustic definesc nivelurile de izolare acustică. Zgomotul poate fi transmis prin aer, vibrația construcțiilor și a instalațiilor.

Una dintre caracteristicile esențiale privind calitatea acustică a unei încăperi este durata de reverberație, definită prin durata necesară pentru ca energia staționară dintr-o încăpere să scadă după încetarea sursei sonore la a milioana parte din valoarea ei inițială staționară, adică cu 60 dB:

$$\Delta i = 10 - \log 10^8 = 60 \text{ dB}$$

Durata de reverberație T a unei încăperi se poate estima cu relația:

$$T = 0{,}161 \cdot \frac{V}{\sum \alpha_{ai} \cdot S_i} = 0{,}161 \frac{V}{A} \; [\text{s}]$$

în care: α_{ai} este coeficient de absorbție acustică în funcție de frecvență;

S_i – suprafața totală a elementului de construcție.

În funcție de destinația încăperilor se stabilește prin calcul sau se alege din grafice valoarea duratei optime de reverberație $T_{opt.}$ Analitic, valoarea $T_{opt.}$ se poate calcula cu expresia:

$$T_{opt.} = \frac{E}{10} \log \sqrt[3]{V} \; [\text{s}]$$

în care: E este coeficient variabil în funcție de destinația sălii;

V – volumul încăperii.

Valorile coeficientului E sunt următoarele:

– săli de cinema: $E = 0{,}8$

– săli de conferințe: $E = 1$

– auditorii de importanță medie: $E = 1,1$

– săli pentru muzică simfonică: $E = 1,2$

– săli de dans, muzică de orgă: $E = 1,3$

Dimensionarea acustică a unei săli de audiție implică respectarea următoarei relații:

$$T_{ef} \equiv T_{opt.}$$

La măsurarea spectrului sonor al unui sunet complex sau a unui zgomot într-o bandă de frecvență, este evidențiată numai energia corespunzătoare frecvenței din banda considerată.

Nivelul de intensitate sonoră se determină cu relația:

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p^2}{p_0^2} \text{ [dB]}$$

în care: I_0 este intensitatea acustică de referință;

I – intensitatea acustică totală conținută în benzi de frecvență;

p – presiunea acustică produsă de sursă [dB];

p_0 – presiunea acustică de referință.

Energia corespunzătoare unei benzi de frecvență este suma energiilor conținute în cele trei benzi corespunzătoare treimii de octavă. Se consideră nivelurile sonore în trei benzi de o treime de octavă L_1, L_2, L_3, exprimate prin relațiile:

$$L_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} = 10 \log \frac{p_1^2}{p_0^2}$$

$$L_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} = 10 \log \frac{p_2^2}{p_0^2}$$

$$L_3 = 10 \log \frac{I_3}{I_0} = 10 \log \frac{p_3^2}{p_0^2}$$

Nivelul sonor în bandă sonoră compusă din trei valori ale nivelului măsurat în trei treimi de octavă se calculează astfel:

$$L = 10 \log \frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_0} = 10 \log \frac{P_1^2 + P_2^2 + P_3^2}{P_0^2}$$

4.7. Calculul presiunii rezultante a mai multor niveluri de presiune acustică

În cazul a două surse A și B, amplasate în aceeași încăpere, există următoarele variante posibile:

- sursa A funcționează singură și nivelul de presiune acustică într-un punct al încăperii este:

$$L_A = 10 \log \frac{P_A^2}{P_0^2}$$

- sursa B funcționează singură și nivelul de presiune acustică într-un punct al încăperii este:

$$L_B = 10 \log \frac{P_B^2}{P_0^2}$$

Cele două surse sonore funcționează simultan:

$$L = 10 \log \frac{P_A^2 + P_B^2}{P_0^2}$$

Cele două surse au presiuni identice $P_A = P_B$:

$$L = 10 \log 2 \frac{P_A^2}{P_0^2}$$

- dacă $L_A - L_B > 10$ dB, nivelul sonor rezultat este egal cu nivelul de presiune acustică maxim.

4.8. Izolarea acustică la zgomote aeriene interioare

Zgomotele aeriene pătrund în interiorul clădirilor și afectează confo acustic al încăperilor. Zgomotele interioare se pot propaga prin următoarele că

– sub formă de energie sonoră transmisă prin conducție aeriană (zg mote aeriene);

– sub formă de energie sonoră transmisă prin conducție solidă (zgom structurale) și prin conducție aeriană.

Zgomotele se pot clasifica după poziția sursei și după modul de tra mitere.

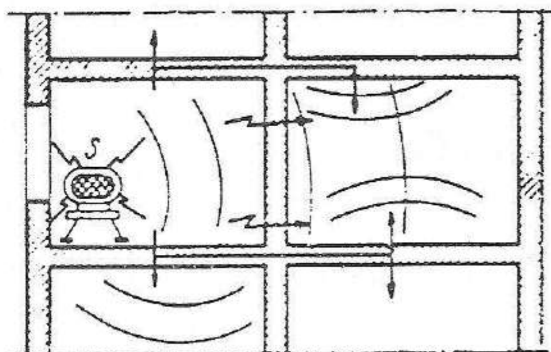


Fig. 4.6. Transmisia zgomotu aerian în clădiri.

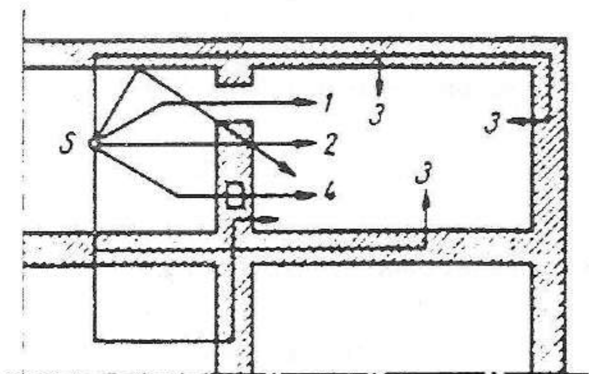


Fig. 4.7. Transmisia zgomotului în clădiri:
1 – transmisia prin deschideri (uși, ferestre); *2* – transmisia prin pereți;
3 – transmisia indirectă; *4* – transmisia prin conducție.

După *poziția* pe care o ocupă sursa față de încăperi, zgomotele pot fi:

- interioare, când sursa generatoare de zgomot se află în interiorul clădirii;
- exterioare, când sursa generatoare de zgomot se află în exteriorul clădirii;
- propagate prin aer;
- propagate prin șoc;
- produse prin funcționarea utilajelor și a instalațiilor.

Asigurarea confortului acustic implică o anumită capacitate de atenuare a pereților exteriori, interiori și a planșeelor la acțiunea zgomotului aerian interior și exterior.

Verificarea capacității de izolare acustică la zgomot aerian la clădiri de locuit

La dimensionarea elementelor de construcție trebuie asigurată inegalitatea:

$$R_{a\,ef.} > R_{an}$$

în care: $R_{a\,ef}$ este indicele efectiv de izolare fonică;

R_{an} – gradul necesar de izolare fonică la zgomot aerian;

$$R_{a\,ef} = 20 \log m \text{ [dB]}$$

unde: m este masa elementului [kg/ m^2].

Pentru verificarea capacității de izolare acustică în benzi de frecvență pentru domeniul 100 - 3200 Hz se utilizează expresia:

$$R_{aef} = 18 \log m + 12 \log f - 25 \text{ [dB]}$$

în care f este frecvența în benzi de o octavă.

Rezultatul se compară cu valorile admisibile:

$$R_{an} = L_t - L_{ad}$$

unde: L_t este nivel teoretic al zgomotului exterior [dB];

L_{ad} – nivel admis al zgomotului în încăpere [dB].

Tabelul 4.

Nivelul teoretic L_t și admis L_{ad} al zgomotului interior

Nr. crt.	Denumirea încăperii	L_{in} [foni]	L_{ad} [foni]	
			la zgomot aerian	la șoc
1.	Camere de locuit într-un apartament	75	35	40
2.	Bucătăria și dependințele sanitare ale apartamentului	80	nu se normează	
3.	Antreu, coridor și degajamente la locuințe, cămine și hoteluri	80	nu se normează	
4.	Camere de locuit ale căminelor și hotelurilor	75	35	40
6.	Casa scărilor fără ascensoare, vestibuluri, garderobe și coridoare comune	80	nu se normează	
7.	Casa scărilor cu ascensoare, încăperile mașinilor de ascensor și camerele de ventilație	85	nu se normează	
8.	Sălile comune ale grădinițelor de copii și creșe	85	40	40
9.	Săli de lectură, cele pentru fișiere sau eliberarea cărților	70	35	40
10.	Camere pentru birouri și încăperi cu caracter administrativ	80	40	40
11.	Sălile de spectacol ale teatrelor și cinematografelor	95	45	45
12.	Încăperile din partea de recepție a teatrelor și cinematografelor	85	45	45
13.	Magazine și restaurante	85	50	50
14.	Săli de curs pentru școli	75	40	40
15.	Camere de bolnavi din complexurile spitalicești	60	35	35

Influența tâmplăriei se ia în considerare astfel:

$$R = R_1 - 10 \log \frac{\frac{S_1}{S_2} + 10^{\frac{R_1 - R_2}{10}}}{1 + \frac{S_1}{S_2}} \text{ [dB]}$$

e: R este indicele total de atenuare acustică a peretelui combinat;

R_1 – indicele de atenuare acustică a peretelui fără tâmplărie;

R_2 – indice de atenuare acustică a ferestrei, ușii;

S_1 – suprafața peretelui fără tâmplărie;

S_2 – suprafața tâmplăriei.

Pentru cazuri practice, este suficientă relația:

$$R = R_2 + 10 \lg \frac{S_1}{S_2}$$

Valoarea totală a reducției sonore R elementului de construcție cu uși

estre se poate estima cu formula:

$$R = R_1 - 10 \lg \left[1 + \frac{S_2}{S_1} \left(10^{0.1(R_1 - R_2)} - 1 \right) \right]$$

Astfel, acțiunea fonoizolatoare a unei ferestre curente prevăzute cu uri cu atenuatoare fonice (fig. 4.8), utilizată la construcții situate în ătatea magistralelor cu un nivel de zgomot de 72 dB (A), se traduce tr-o reducție sonoră de ≈ 31 dB (A).

În figura 4.9 se prezintă reducerea reducției sonore medii în funcție de tul de aer care trece pe 1 m rost perimetral, sub o presiune constantă.

Etanșeitatea fațadelor constituie un element foarte important din punct edere al confortului acustic și sub aspectul ventilării.

Rosturile dintre tâmplărie și elementele de construcții, la rândul lor, se ează cu ajutorul unor chituri plastice sau elastice.

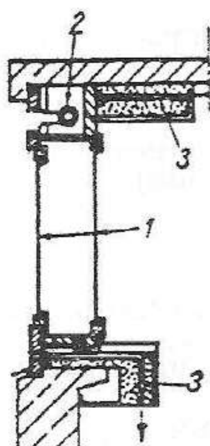


Fig. 4.8. Fereastră obişnuită cu şlițuri interioare de aerisire şi atenuatoare fonice: *1* – geamuri de 8 şi 10 mm; *2* – ventilator; *3* – izolare fonoabsorbantă.

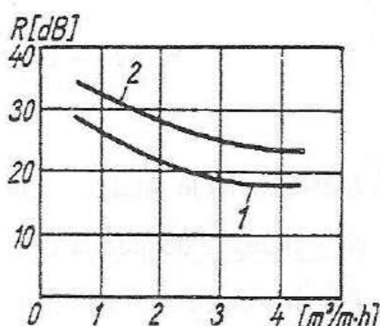


Fig. 4.9. Dependența reducției sonore a ferestrelor simple *1* şi duble 2, în func de permeabilitatea la aer a rosturilor.

Influența vitrării asupra protecției fonice a construcțiilor este rela complexă şi variază după tipul îmbinării geamului cu cercevelele, dimen unile şi numărul de geamuri.

Pentru ridicarea gradului de atenuare acustică a uşilor şi ferestrelor pot folosi garnituri de etanşare din materiale elastice, micşorând acțiun negativă a pereților acustici.

Tabelul 4

Reducția sonoră *R* a ferestrelor

Nr. crt.	Tipul vitrării	Grosimea geamurilor [mm]	Tipul ferestrei	Reducția sonoră *R* [dB] (A)	Existen aerări
1	2	3	4	5	6
1.	Vitraj simplu	3	De lemn	24	Nu
2.		3	De lemn înglobat în PVC cu îmbinări	28	
3.		8	Oscilo-batante cu îmbinări	29	
4.		8	Idem 2	31	

Tabelul 4.4 (continuare)

1	2	3	4	5	6
5	Vitraj multiplu	3+*5*+5	De lemn, înglobată în PVC, cu îmbinări	27	Nu
6		3+*2,5*+3+*2,5*+3	Idem 6	27	
7		6+*12*+6	Cadru fix de lemn	29	
8	Vitraj multiplu	8+*21*+4	Idem 5	33	Nu
9		4+*40*+6	De lemn termoizolator cu sau fără rulou	35	
10		5,5+*36*+8	Idem 9	35	
11		4+*45*+6	Idem 9	35	
12		5+*45*+8	Idem 9	36	
13		4+*6*+4+*28*+6	Idem 9	35	
14		5 + *45* + 5	De lemn, cuprinzând 2 ansambluri de geamuri paralele, culisante sau fixe (fără îmbinări)	31	
15		8 + 51 + 4	De lemn	37	
16		8 + *65* + 5	De aluminiu, culisantă cu sau fără rulou, termoizolatoare	35	
17	Ferestre duble	8 + ***150*** + 8	De lemn înglobat în PVC, cu îmbinări	44	Nu
18		4 + ***150*** + 4	Prototip C.S.T.B.	44	Da, debit 30 m^3/h sub 15 Pa
19		12 + ***110*** + 8	De lemn, termoizolatoare, cu sau fără rulou	45	Nu
20		10 + ***160*** + 8	Idem 19	47	Nu

Observații:

1) Valorile înnegrite reprezintă interspațiul de aer dintre geamuri.

2) Valorile din tabel sunt valabile pentru raportul de 0,25 dintre suprafața vitrării și cea a pardoselii și durata de reverberație de 0,25; în cazul unui raport de 0,30; 0,40 și 0,50, valoarea *R* se reduce cu respectiv 1; 2 și 3 dB(A); în cazul în care raportul este 0,20 și respectiv 0,17, valoarea *R* se mărește cu 1 dB (A) și, respectiv, 2 dB (A).

Soluțiile de protecție a construcțiilor pot fi o combinație a soluțiilor următoare:

– utilizarea balcoanelor cu balustradă plină sau a logiilor, care aduce o diminuare a zgomotelor cu ≈ 2 dB (A) în interiorul construcțiilor; o reducție suplimentară de 2 dB (A) se realizează prin aplicarea de tratamente fono-absorbante pe intradosul plăcii balcoanelor sau logiilor;

– amplasarea încăperilor principale spre zona calmă a cartierului și a încăperilor de serviciu spre străzile zgomotoase, la apartamentele cu dublă expunere;

– utilizarea de fațade izolate fonic, care, închise, asigură izolarea fonică spre exterior; fațadele deschise constituie vara, primăvara și toamna un mijloc de asigurare a confortului termic, dar nu asigură protecția acustică; asigurarea unor protecții antiradiante, a unor ventilări mecanice și a unei încălziri cu reglare automată permite realizarea protecției acustice și în aceste anotimpuri.

Din punct de vedere acustic, fațadele comportă o proporție anumită între părțile vitrate și cele opace și executarea unor dispozitive de aerare (de admisie și evacuare a aerului), prevăzute cu capace de închidere și izolate cu materiale fonoabsorbante.

Tabelul 4.5

Curbele C_z pentru diferite tipuri de vitraj

Alcătuirea vitrajului, la grosimea			Curba C_z
Geamului	Interspațiului de aer [mm]	Geamului	
1	2	3	4
4	–	–	50
8	–	–	42
12	–	–	40

Tabelul 4.5 (continuare)

1	2	3	4
4	2	2	53
4	4	4	54
4	8	4	53
4	16	4	50
4	2	8	49
4	4	8	50
4	8	8	44
4	16	8	45
4	2	12	44
4	16	12	38
8	4	8	45
8	16	8	38
8	2	12	44
8	16	12	33
12	4	12	44
12	8	12	42
12	16	12	39

4.10. Metode practice privind evaluarea izolației acustice a pereților și planșeelor

4.10.1. Elemente generale

Izolarea acustică a pereților la zgomotul aerian se apreciază prin gradul de izolare acustică efectiv D_{ef}, calculat cu ajutorul unor relații simplificate bazate pe legea masei.

Gradul mediu efectiv de izolare acustică a pereților și planșeelor se poate estima în funcție de greutatea pe m^2 a elementului de construcție, astfel:

– pentru pereți cu greutatea $m > 200$ daN/m^2:

$$D_{ef} = 13,5 \lg m + 13,$$

unde m este greutatea elementului, în daN/m^2;

– pentru pereți cu greutate $m > 200$ daN/m^2:

$$D_{ef} = 23 \lg m - 9$$

$$\text{sau } D_{ef} = 20 \lg m$$

La pereții alcătuiți din două sau mai multe straturi separate c lamele de aer, gradul efectiv de izolare acustică depinde de transmisi zgomotelor pe cale directă, indirectă și prin rigidizări și se calculează c relațiile:

– pentru pereți cu greutate $m_1 < 200$ daN/m^2:

$$D_{ef} = 13{,}5 \lg (m_1 + m_2) + 13 + \Delta D$$

– pentru pereți cu greutatea $m_2 > 200$ daN/m^2:

$$D_{ef} = 23 \lg (m_1 + m_2) - 9 + \Delta D$$

unde: m_1, m_2 sunt greutățile straturilor de aer în funcție de grosime, confor datelor Dürgammer – Kammerer.

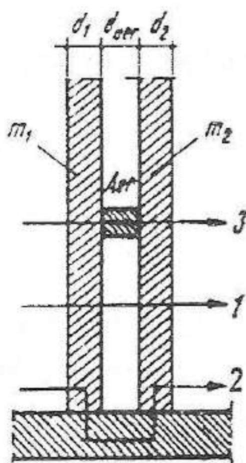


Fig. 4.10. Gradul de izolare acustică la pereți cu strat de aer:
1 – transmisia zgomotului direct;
2 – transmisia zgomotului prin îmbinări;
3 – transmisia zgomotului prin legături.

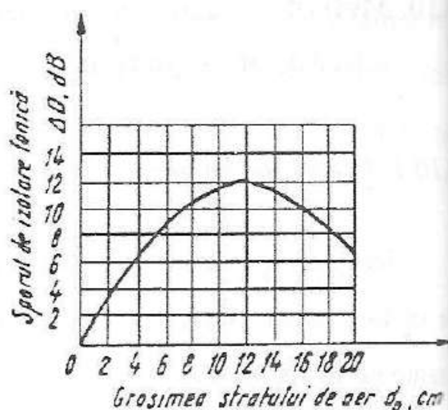


Fig. 4.11. Gradul de izolare acustică a stratului de aer, în funcție de frecvență.

Gradul real de izolare acustică are în vedere și absorbția sonoră din camera de recepție:

$$D'_{ef} = D_{ef} + 10\lg\frac{A}{S}$$

unde: D'_{ef} este gradul de izolare acustică, real, în dB;

D_{ef} – gradul de izolare acustică, fără influența absorbției acustice, în dB;

A – absorbția acustică totală a încăperii, în m^2;

S – suprafața elementului de construcție pentru care se determină gradul de izolare acustică, în m^2.

Valorile indicilor de izolare acustică, determinați cu aceste relații, se consideră valori medii pentru frecvența de 500 Hz, care este media geometrică a frecvențelor 50 și 5000 Hz. Gradul efectiv de izolare acustică, în funcție de frecvență, se poate estima cu expresia:

$$D_{ef} = 18\lg m + 12\lg f - 25$$

Pentru a se determina domeniul de izolare minimă, se calculează frecvența de rezonanță (coincidență) a unui element de construcție, de grosimea d, în cm, cu expresia:

$$f_{rez} = \frac{20\,000}{d}\sqrt{\frac{\delta_0}{E}}$$

în care: δ_0 este densitatea specifică, în daN/cm^2;

E – modulul de deformație al materialului, în daN/cm^2.

La pereții cu lamelă de aer se poate calcula frecvența de rezonanță a peretelui dublu cu relația:

$$f_{rez} = \frac{120}{\sqrt{m \cdot d_{aer}}}$$

în care: m este masa totală a peretelui despărțitor în două straturi de grosime egală, în daN/m^2;

d_{aer} – grosimea lamelei de aer, în m.

În cazul straturilor cu mase diferite se poate folosi relația:

$$f_{rez} = 50\sqrt{\frac{E}{d_{aer}}\left(\frac{1}{m_1}+\frac{1}{m_2}\right)}$$

în care: E este modulul de elasticitate dinamică al aerului, egal cu 1,45 daN/cm^2.

Eficiența izolării acustice a elementului de construcție compus este asigurată pentru valori superioare frecvenței limită, definită de relația:

$$f_{lim} = \sqrt{2}\, f_{rez}$$

Determinarea pe cale experimentală a gradului de izolare acustică se bazează pe emisia sunetelor în domeniul frecvenței de 100-3200 Hz, cu nivel de intensitate sonoră superior nivelului zgomotului atenuat în camera de recepție.

Rezultatele experimentale pun în evidență valorile medii pentru indicele de atenuare R (tabelul 4.6).

Tabelul 4.6

Valorile medii pentru indicele de atenuare

Descrierea elementelor de construcție	Grosime a totală d [cm]	Greutatea totală [daN/m^2]	Indicele de atenuare R [dB] (valori medii)
1	2	3	4
Zidărie de cărămidă plină, tencuită pe ambele fețe, de grosime:			
– ¼ cărămidă;	10	180	42*
– ½ cărămidă;	15	240	46*
– 1 cărămidă;	28	500	50
– 1 ½ cărămidă	40	720	53
– 2 cărămizi	53	950	55
Zidărie de cărămidă cu găuri, tencuită pe ambele fețe (găurită numai în interiorul peretelui), de grosime:			
– ¼ cărămidă	10	140	40
– ½ cărămidă	15	210	40
– 1 cărămidă	28	400	48

Tabelul 4.6 (continuare)

1	2	3	4
Plăci de ipsos cu zgură, tencuite pe ambele fețe	10	140	41
Plăci de beton cu zgură, tencuite pe ambele fețe	10	180	44
Plăci de beton ușor, tencuite pe ambele fețe	100	100	38
Plăci stufit 5 cm grosime, tencuite pe ambele fețe	8	100	40
Două straturi de plăci de stufit, de 5 cm grosime, lipite cu un strat de mortar, tencuite pe fețele exterioare	16	160	46

*) *În cazul execuției zidăriei cu mortar de ciment și a tencuielilor de mortar de var cu* adaos de ciment, indicii *R* se măresc la 44, respectiv, 48 dB.

Indicele de izolare la zgomot aerian E_A, pentru elemente de compartimentare realizate dintr-un singur strat, se calculează astfel:

$$E_A = R_m - 48$$

unde: R_m este indice de atenuare mediu al structurii $\left[\frac{\text{daN}}{\text{m}^2}\right]$.

4.10.2. Izolarea planșeelor la zgomot aerian

La planșee, spre deosebire de pereți, transmisia zgomotului are loc atât prin aer cât și prin vibrațiile concentrate produse de circulația persoanelor, mișcarea mobilierului sau funcționarea instalațiilor. Capacitatea de izolare acustică a planșeelor, la zgomotele din aer, depinde de masa elementului de construcție, putându-se lua în considerare, într-o primă ipoteză, planșeul fără pardoseală (brut) și, în a doua ipoteză, ansamblul planșeu-pardoseală, corespunzător situației normale de exploatare. Ca și în cazul pereților,

dimensionarea la zgomotul aerian a planșeelor implică luarea în considerare a inegalității:

$$D_{ef} > D_{nec}$$

în care: D_{ef} este gradul efectiv de izolare acustică al elementului de construcție, în dB;

D_{nec} – gradul necesar de izolare acustică al planșeului cu pardoseală, în dB, care, în funcție de frecvență, se consideră între 33 și 60 dB, pentru domeniul f = 100-3200 Hz, cu o valoare medie de 53 dB, conform figurii 4.12.

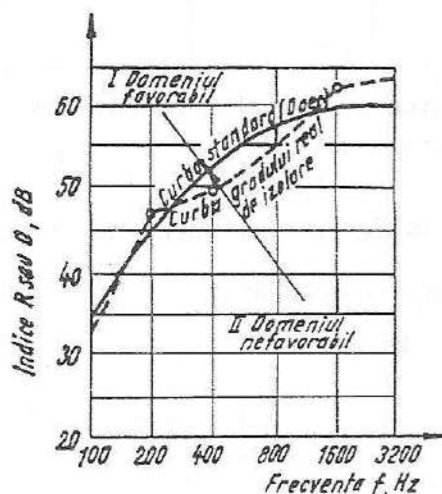


Fig. 4.12. Gradul de izolare acustică la zgomot aerian, la planșee.

Stabilirea gradului efectiv de izolare acustică D_{ef} se poate obține pe cale analitică sau experimentală. Calculul analitic al gradului efectiv de izolare acustică la zgomotul aerian al ansamblului planșeu-pardoseală se poate efectua cu relația:

$$D_{ef} = 18 \lg m + 12 \lg f - 25$$

Pentru a se lua în considerare și efectul absorbției acustice, din camera de recepție, se poate utiliza expresia:

$$D'_{ef} = D_{ef} + 10 \lg A/S$$

în care: D'_{ef} este gradul de izolare acustică, real, în dB;

D_{ef} – gradul de izolare acustică, fără influenta absorbției acustice, în dB;

A – absorbția acustică totală a încăperii, în m^2;

S – suprafața elementului de construcție pentru care se determină gradul de izolare acustică, în m^2.

Valorile indicilor de izolare acustică, determinați cu aceste relații, se consideră valori medii pentru frecvența de 500 Hz, care este medie geometrică a frecvențelor 50 și 5000 Hz.

Pentru determinarea experimentală a gradului de reducție sonoră a planșeului, se poate folosi instalația electroacustică din Indicele de reducție sonoră R, în dB, pentru ansamblul planșeu-pardoseală, se poate calcula cu expresia:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg A/S$$

în care: S reprezintă suprafața elementului.

Asigurarea condiției de calitate privind izolarea la zgomotul aerian implică respectarea inegalității:

$$R > D_{nec}$$

Rezultatele experimentale, ca și cele calculate analitic, pot fi prezentate și grafic, fiind considerate favorabile atunci când valorile efective sunt situate deasupra valorilor necesare și deci deasupra curbei standard. Efectuarea determinărilor experimentale ale gradului de izolare acustică la planșeul fără pardoseală și, ulterior, la planșeul cu pardoseală, permite evaluarea influenței pardoselii asupra gradului de izolare a acesteia la zgomotul aerian. Evaluarea gradului de izolare la zgomotul aerian, pe baza calculului indicelui E_A, se face după aceeași metodologie ca și la pereți.

4.10.3. *Izolarea planșeelor la zgomot din impact*

Planșee fără pardoseală. La zgomotul din impact, vibrația planșeului poate fi asimilată cu un model mecanic oscilant, alcătuit dintr-o masă m, un

resort R și o rezistență vâscoasă R_v. Ecuația generalizată de mișcare, în cazul vibrațiilor transversale ale planșeului, folosind operatorii, este:

$$B\Delta u + m\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$$

unde: u este deplasarea planșeului; m – masa planșeului; B – rigiditatea la încovoiere a planșeului, care, pentru grosimea h, are expresia:

$$B = \frac{Eh_3}{12(1-\mu^2)}$$

O analiză a mișcării planșeului sub acțiunea vibrațiilor transversale este dificilă, din cauza fenomenelor de dispersie a energiei sonore, astfel încât relațiile de mai sus prezintă interes teoretic, practic fiind necesare verificări experimentale. Astfel, comportarea planșeului la zgomotul din impact se poate aprecia cu relații aproximative, privind nivelul de atenuare acustică, sub forma:

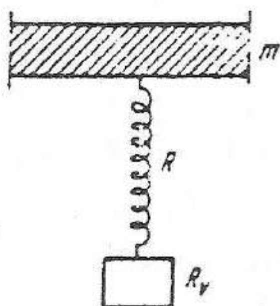


Fig. 4.13. Modelul mecanic oscilant al planșeului la zgomotul din impact:
m – masa planșeului; R – resort; R_v – rezistență vâscoasă.

$$L = 10\lg\frac{1}{S{\rho_0}^{1.5}E^{0.5}\eta h^3}$$

în care: S este suprafața planșeului, în m^2;

ρ_0 – densitatea aparentă a materialului, în daN/m^3;

E – modulul de elasticitate, în daN/m^2;

η – coeficientul de pierderi interne;

h – grosimea planșeului, în m.

Cercetări experimentale privind capacitatea de izolare a planșeului la zgomot din impact arată că, la dublarea grosimii planșeului, se obține o reducere a nivelului de zgomot la impact cu circa 9 dB (0,8 dB la fiecare îngroșare a planșeului cu 1 cm), la creșterea densității materialului planșeu-

lui se obține un spor de izolare de până la 4,5 dB, iar dublarea coeficientului de pierderi interne aduce un aport de izolare de circa 3 dB.

Planșee cu pardoseală. Aportul pardoselii la creșterea atenuării acustice a planșeului, sub acțiunea zgomotului de impact, depinde de rigiditatea sau elasticitatea materialului și de capacitatea sa de amortizare locală a oscilațiilor sonore din șoc. .

În cazul pardoselii moi, îmbunătățirea izolării acustice se manifestă pentru valori de frecvențe f, mai mari decât frecvența de rezonanță f_{rez} a materialului, având o creștere cu frecvența de 12 dB/octavă, în baza relației:

$$\Delta L = 10 \lg \left[\frac{f}{f_{rez}}\right]^4$$

În acest sens, prezintă interes pardoselile din cauciuc moale și cele din materiale plastice nerigide. Rezultate bune privind izolarea acustică la zgomote de impact s-au obținut prin utilizarea pardoselilor pe dale flotante alcătuite dintr-un strat rigid, obișnuit o placă de beton slab armat, de 3-5 cm grosime, care reazemă pe planșeu prin intermediul unui strat elastic moale.

Considerând masa dalei și pardoselii m_0, în daN/m^2, f_{rez} ce intervine este:

$$f_{rez} = 500 \sqrt{\frac{S}{m_0}},$$

unde S este coeficientul de rigiditate dinamică al dalei, în daN/cm^2, calculat cu expresia E_d/h, având valorile prezentate în tabelul 4.7.

Practic, normele germane iau în considerare două cazuri, în ceea ce privește valorile limită f_{rez}, în funcție de capacitatea de izolare a planșeului brut (fără pardoseală), la evaluarea aportului de izolare acustică a pardoselilor, și anume: $f_{rez} < 180$ Hz, pentru planșee din grupa I cu $h > 10$ cm; $f_{rez} < 400$ Hz, pentru planșee din grupa a II-a, cu $h > 14$ cm.

Tabelul 4.7

Valorile coeficientului de rigiditate dinamică S

Denumirea materialului	Grosimea stratului [mm]	Rigiditatea dinamică S [daN/cm²]
Plăci din vată minerală tip F.1.	10	2,5
Plăci din polistiren ecruisat	10	2,5
Plăci din plută expandată SUPEREX	20	6,5
Plăci fibrolemnoase poroase	25	9

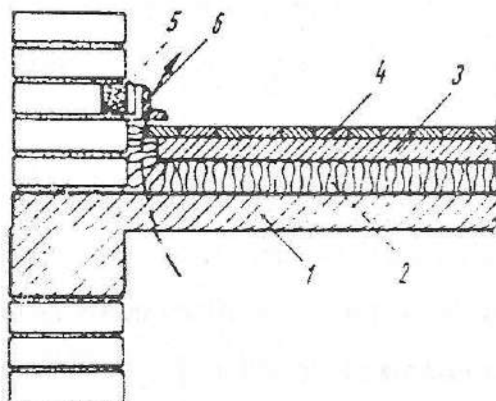


Fig. 4.14. Pardoseală pe dală flotantă: *1* – placă de beton armat; *2* – strat elastic, moale; *3* – dală de beton slab armat în grosime de 3-5 cm; *4* – parchet; *5* – diblu; *6* – pervaz.

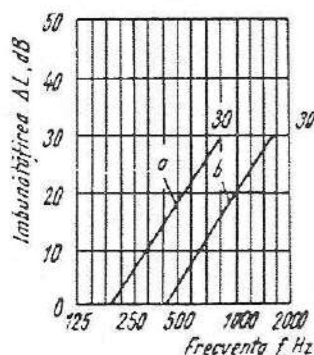


Fig. 4.15. Curbe teoretice de calcul ale îmbunătățirii izolării acustice: *a* – pentru planșee din grupa I; *b* – pentru planșee din grupa a II-a.

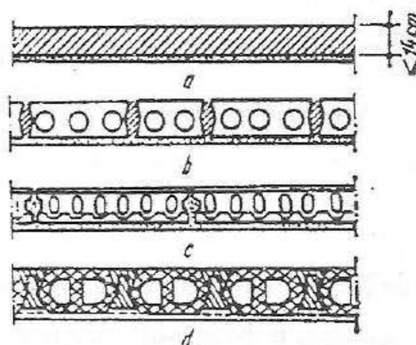


Fig. 4.16. Tipuri de planșee din grupa I pentru calculul aportului pardoselii la atenuarea zgomotului din impact: *a* – placă de beton armat; *b* – planșeu din fâșii cu goluri; *c* – planșeu din fâșii; *d* – planșeu din grinzi de beton armat cu corpuri de umplutură.

Pentru pardoseli flexibile, frecvența de rezonanță se calculează cu expresia:

$$f_{rez} = \frac{0,45}{\tau}$$

în care: τ este timpul de contact dintre ciocanul care cade liber și pardoseală.

Pentru pardoseli din linoleum, cauciuc, PVC cu substrat izolator, $\tau = 0,45 \times 10^{-3}...2,8 \times 10^{-3}$ s.

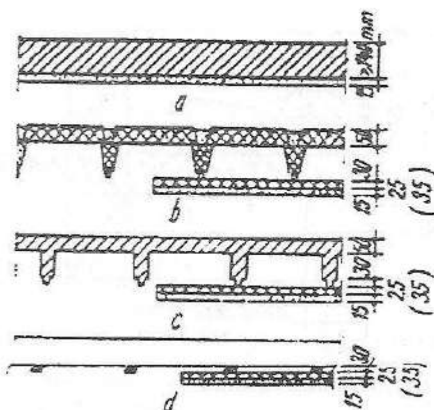


Fig. 4.17. Tipuri de planșeu din grupa a II-a, pentru calculul aportului pardoselii la atenuarea zgomotului din impact: *a* – placă de beton armat; *b* – planșeu din elemente prefabricate de beton armat, realizat cu tavan suspendat; *c* – planșeu din beton armat cu nervuri dese, realizat cu tavan suspendat; *d* – planșeu din categoria I, realizat cu tavan suspendat.

Pentru ca zgomotele produse de circulație să nu afecteze confortul în încăperea interioară, este necesar ca nivelul global de intensitate auditivă a sunetului L_2, măsurat în camera de recepție, să satisfacă relația:

$$L_2 < 85 - \lg A,$$

în care: A este aria de absorbție echivalentă în încăperea de recepție, în m².

În figura 4.18 se prezintă curbele standard ale nivelului admisibil al intensității sonore L_n, la zgomotul de impact, în funcție de frecvență, variind de la 70 la 50 dB pentru valori ale frecvenței cuprinse între 100 și 3200 Hz. Valorile L_p obținute sub curba standard caracterizează zona rezultatelor favorabile privind calitatea acustică la zgomotul de impact.

Pentru a se lua în considerare absorbția de referință A_0, în camera de recepție, nivelul zgomotului de șoc standard, D_s, se poate evalua cu relația:

$$D_s = L_2 - 10\lg\frac{A_0}{A}$$

în care: L_2 este nivelul zgomotului în camera de recepție, în dB;

$A_0 = 10\ m^2$ – valoarea absorbției de referință, în m^2;

A – valoarea absorbției totale în camera de recepție, în m^2.

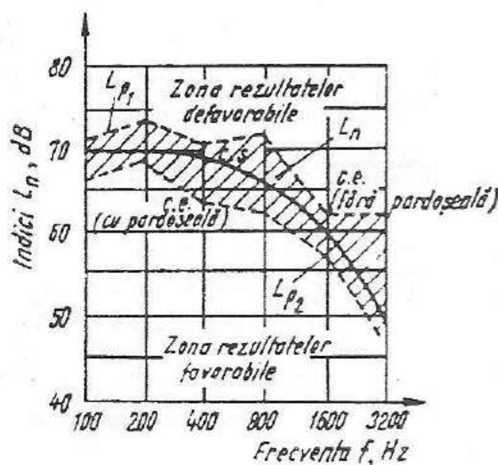


Fig. 4.18. Stabilirea grafică a indicelui de reducție sonoră la zgomotul de impact: *c.s.* – curbă standard; *c.e.* – curbă efectivă.

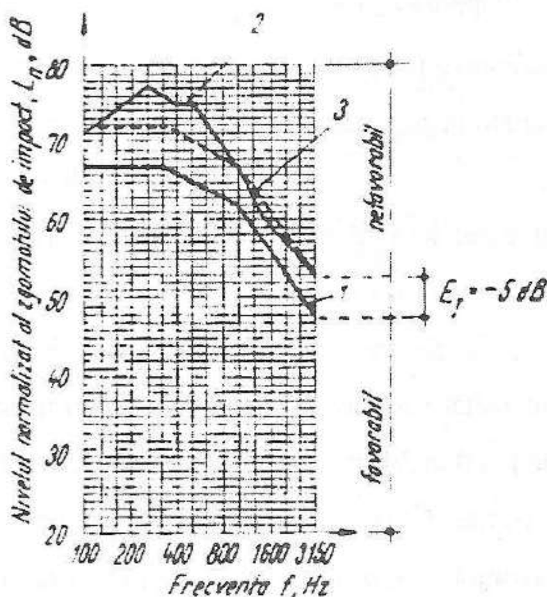


Fig. 4.19. Evaluarea indicelui de izolare E_I, la zgomotul din impact: *1* – curba de referință (etalon); *2* – curba cu rezultatele măsurătorilor; *3* – curba de referință deplasată.

Dacă se urmărește influența modificărilor structurii planșeu-pardoseală, se calculează aportul suplimentar de izolare ΔL_p, datorat pardoselii, cu relația:

$$\Delta L_p = L_{p1} - L_{p2}$$

în care L_{p1}, L_{p2} reprezintă nivelurile zgomotului de șoc standardizat, înainte și după modificarea structurii, măsurate în aceeași încăpere, conform condițiilor expuse.

Valorile atenuării acustice ΔL_p, datorită pardoselilor, pot fi cuprinse între 2 și 8 dB, în funcție de structura pardoselii și de caracteristicile de amortizare dinamică a materialelor.

Evaluarea globală a capacității de izolare la zgomot din impact a unui planșeu (fig. 4.19) se poate face în raport cu curba etalon a nivelurilor normalizate L_n, folosind indicele de izolare la zgomot din impact E_I. Evaluarea aportului pardoselii se poate face în raport cu curba planșeului standard, curba *2*, sau a curbei planșeului încercat. Indicele de izolare, la zgomotul din impact E_I, se stabilește prin deplasarea paralelă a curbei de referință *1*, față de curba valorilor măsurate ale nivelelor de zgomot L_2, curba *2*, astfel încât valoarea totală a abaterilor negative ale ordonatelor curbei măsurate să nu depășească 30 dB. Valorile indicelui E_I pot fi negative (curba *3*, $E_I = -5$ dB), când deplasarea are loc în zona rezultatelor nefavorabile sau pozitive, când deplasarea curbei de referință se face în zona favorabilă. În funcție de clasa planșeelor, valorile admisibile pentru E_I sunt cuprinse între -2 și $+17$ dB, în raport cu cerințele de confort.

Indicele de izolare la impact total se poate calcula cu expresia:

$$E_I = E_{IP} + \Delta E_I$$

în care: E_{IP} este indicele de izolare la zgomot de impact corespunzător planșeului;

$+\Delta E_I$ – îmbunătățirea izolării la zgomot de impact corespunzătoare pardoselii.

4.11. Terminologie şi definiţii privind izolarea acustică

Terminologia şi definiţiile privind izolarea acustică sunt prezentate în tabelul 4.8.

Tabelul 4.8

Nr. crt.	Termen	Definiție
1	2	3
1.	Absorbție	Transformarea ireversibilă a energiei în cursul propagării unei unde, prin care energia internă a mediului creşte pe seama scăderii energiei undei
2.	Absorbanți acustici poroşi	Materiale având pori deschişi la suprafața expusă contactului cu sunetul
3.	Absorbanți acustici poroşi cu schelet rigid	Materiale ai căror pori nu suferă deformări sub acțiunea undelor acustice
4.	Absorbanți acustici poroşi cu schelet flexibil	Materiale al căror schelet nu a fost rigidizat cu un liant convenabil şi suferă deformări sub acțiunea undelor acustice
5.	Admitanță	Inversul impedanței acustice
6.	Admitanță mecanică	Inversul impedanței mecanice
7.	Amplitudine	Elongație maximă
8.	Armonică	Mărime sinusoidă a cărei frecvență este un multiplu întreg de frecvențe fundamentale
9.	Atenuare de absorbație	Atenuare suferită de o undă, ca urmare a absorbției de energie de către mediu
10.	Atenuarea unei unde progresive	Mărime ce caracterizează scăderea de la un punct la altul a intensității undei: $A = 10 \log \frac{I_1}{I_2}$
11.	Bătăi	Fenomenul de creştere şi descreştere periodică a amplitudinii unui sistem oscilant, în cazul oscilațiilor forțate, sub acțiunea unor forțe perturbatoare de frecvență puțin diferită de una din frecvențele proprii ale sistemului
12.	Căi colaterale	Orice alte căi de transmitere a zgomotului dintr-o încăpere în alta în afara căii de transmitere prin elementul de construcție ce desparte cele două încăperi

Tabelul 4.8 (continuare)

1	2	3
13.	Coeficient de extincție (coeficient de absorbție în mediu)	Mărime ce caracterizează un mediu de propagare, din punct de vedere al absorbției undelor, egală cu atenuarea de absorbție a unei unde plane progresive pe unitatea de lungime
14.	Coeficient de absorbție acustică	Coeficient de absorbție acustică a unei suprafețe sau a unui material, la o frecvență dată, este raportul dintre fluxul de energie acustică nereflectat (acționat) și fluxul de energie acustică incident
15.	Coeficient de disipație acustică	Coeficientul de disipație acustică a unei suprafețe sau a unui material, la o frecvență dată, este raportul dintre fluxul de energie acustică disipat și fluxul de energie acustică incident
16.	Coeficient de refracție	Coeficient de refracție al unui mediu în raport cu un alt mediu, la o frecvență dată este raportul dintre fluxul de energie acustică refractat și fluxul de energie acustică incident
17.	Coeficient de transmisie acustică	Coeficientul de transmisie al unei suprafețe sau al unui material la o frecvență dată; este raportul dintre fluxul de energie acustică transmisă prin acea suprafață sau acel corp și fluxul de energie incident
18.	Coeficient de reflexie acustică	Coeficientul de reflexie acustică al unei suprafețe sau al unui material la o frecvență dată este raportul dintre fluxul de energie acustică reflectat și fluxul de energie acustică incident. *Observație:* În cazul unor unde plane, coeficientul de reflexie se consideră pentru situația de incidență normală
19.	Coerență	Proprietatea unui ansamblu de unde având practic aceeași frecvență, însă faze diferite, de a-și păstra constante în timp, în cadrul ansamblului, diferențele de fază
20.	Constanta acustică a încăperii	$$R = \frac{S\overline{\alpha}}{1-\overline{\alpha}}$$ S – suprafața geometrică totală a încăperii $\overline{\alpha}$ – coeficientul de absorbție mediu al încăperii
21.	Constantă de atenu-are (factor de atenuare)	Mărime ce caracterizează scăderea instantanee, pe unitatea de lungime, a unei unde plane progresive sinusoidale: $$\alpha = \ln\frac{A_1}{A_2}$$ *Observație:* A_1 și A_2 – amplitudinea presiunii acustice în două puncte situate la o distanță egală cu unitatea de lungime, pe direcția de propagare.

Tabelul 4.8 (continuare)

1	2	3
22.	Curba de definiție a zgomotului	Curba C_z care limitează superior spectrul unui zgomot reprezentat prin valori ale nivelului de zgomot, rezultate în urma analizării zgomotului în benzi de o octavă
23.	Curba etalon a nivelurilor normalizate ale zgomotului de impact (curbă de referință, curbă de 0)	Curbă a nivelurilor normalizate ale zgomotului de impact, adoptată convențional, în raport cu care se stabilește capacitatea de izolare la zgomot de impact a unui element de construcție
24.	Curbă de egal nivel de tărie	Curbă trasată printr-un sistem de coordonate, având în abscisă frecvența, în Hz, și în ordonată, nivelul de presiune acustică, prin unirea punctelor, din domeniul de audibilitate corespunzătoare unor sunete de tărie egală
25.	Curba nivelurilor normalizate ale zgomotului de impact	Curbă într-un sistem de coordonate plane, având în abscisă frecvențele medii ale treimilor de octavă (sau octavă) din intervalul 100-3150 Hz și în ordonată, nivelurile normalizate ale zgomotului de impact standardizat
26.	Curba indicilor de atenuare	Curbă într-un sistem de coordonate plane, având în abscisă frecvențele medii ale treimilor de octavă (sau octavă) din intervalul 100-3200 Hz și în ordonată, indicii de atenuare corespunzători
	Curba etalon a indicilor de atenuare	Curbă simplificată a indicilor de atenuare pentru un perete de cărămidă în grosime de 25 cm (alcătuită din 3 segmente de dreaptă), în raport cu care se determină capacitatea de izolare fonică a altor elemente de construcție
27.	Curbă normalizată de egal nivel de tărie	Curbă de egal nivel de tărie, corespunzătoare aprecierilor ascultătorilor biologic normali. *Observație:* Curbele nominalizate de egal nivel de tărie au fost stabilite statistic și standardizate. Ele se notează cu indici numerici care reprezintă nivelul de presiune acustică al sunetului pur cu o frecvență de 1000 Hz, situat pe curbele respective
28.	Curbe de zgomot	Curbe care servesc la evaluarea zgomotului, ținând seama de sensibilitatea diferențiată a urechii, în funcție de frecvență. *Observație*: Curbele de zgomot au fost stabilite prin simplificarea curbelor de egal nivel de tărie

Tabelul 4.8 (continuare)

1	2	3
29.	Defazaj (diferență de fază)	Diferența constantă între fazele a două mișcări oscilatorii armonice de aceeași pulsație
30.	Difracție	Abaterea unei unde progresive de la propagarea rectilinie produsă de prezența unor obstacole într-un mediu, în rest omogen
31.	Difuzia (împrăștierea)	Apariția unor unde incoerente, cu direcții de propagare distribuite continuu, ca urmare a reflexiei pe suprafețe cu asperități, sau transmisii printr-un mediu cu neomogenități și zone ale căror proprietăți de propagare fluctuează în timp
32.	Domeniul de audibilitate	Domeniul din spațiul R^2 (la care, în abscisă, se dă frecvența, în Hz, și în ordonată, presiunea acustică eficace, în Pa, având proprietatea că fiecare din punctele sale corespunde unui semnal acustic audibil purtat de o undă sinusoidală). *Observație*: Un punct al domeniului de audibilitate poate corespunde la mai multe semnale acustice audibile, identice din punct de vedere energetic, însă diferite din punct de vedere informațional
33.	Domeniul de frecvență luat în considerare în tehnica de izolare fonică	Bandă de frecvență între 100 și 3200 Hz.
34.	Durată de reverberație proprie	Durată de reverberație a unui anumit spațiu, într-un anumit punct și pentru o frecvență dată; este timpul necesar pentru ca nivelul inițial al intensității sonore în regim staționar să descrească după încetarea emisiunii sursei cu 60 dB
35.	Ecou	Reproducerea distinctă a unui semnal acustic în urma reflexiei undelor acustice
36.	Elongație	În mișcarea oscilatorie armonică, valoarea la un moment dat a parametrului care definește poziția sistemului față de centrul de oscilație
37.	Energie absorbită	Energie absorbită de suprafețele delimitatoare ale încăperii
38.	Energie directă (într-o încăpere)	Energia purtată de undele progresive ce pornesc de la sursa de zgomot existentă în încăpere
39.	Energie reflectată (într-o încăpere)	Energia purtată de undele reflectate de către suprafețele delimitatoare ale încăperii

Tabelul 4.8 (continuar[illegible]

1	2	3
40.	Energie transmisă (dintr-o încăpere în alta)	Fracțiune din energia emisă de o anumită sursă într-o încăpere, transmisă dincolo de elementele delimitatoare ale acesteia
41.	Factor de reflexie	Raportul complex dintre presiunea undei reflectate și presiunea undei incidente, în planul de separație a două medii elastice
42.	Factor de transmisie acustică	Raportul complex dintre presiunea undei transmise și presiunea undei incidente, în planul de separație a două medii elastice
43.	Fenomen de coincidență	Caz particular de rezonanță, care are loc la coincidența dintre frecvențele componentelor tangențiale ale undelor oblice ce cad pe un element de construcție și frecvențele proprii tangențiale ale elementelor. Pentru aceste rezonanțe rezultă o transmisie maximă a zgomotului prin elementele de construcție
44	Flux de energie	Valoarea energiei care străbate o suprafață dată dintr-un mediu de propagare, în unitatea de timp
45.	Frecvență	Numărul de perioade în unitatea de timp
46.	Frecvență proprie	Frecvența corespunzătoare unui termen (reprezentând o mișcare sinusoidală) al seriei Fourier care definește mișcarea oscilatorie a sistemului considerat. *Observație*: În cazul unui sistem oscilant ca amortizoare, în care perioada variază crescător în timp, prin frecvențe proprii se înțeleg frecvențele proprii ale sistemului fără frecare
47.	Front de undă	Suprafața de separație dintre regiunea din mediu neperturbată și regiunea perturbată prin prezența undei
48.	Grup de unde	Undă formată dintr-un ansamblu de unde sinusoidale de frecvențe apropiate și care, la un moment dat, ocupă în spațiu o regiune finită
49.	Impedanță acustică	Raportul complex dintre presiunea acustică eficace pe o suprafață normală pe direcția de propagare și fluxul de viteză acustică corespunzător aceleiași suprafețe. *Observație:* Presiunea acustică eficace este presupusă uniformă pe toată suprafața

Tabelul 4.8 (continuare)

1	2	3
50.	Impedanță acustică specifică	Raportul complex dintre presiunea acustică eficace într-un punct și viteza de deplasare eficace a particulei în acel punct: $$Z_s = \frac{\rho c}{1+\alpha^2 \frac{c^2}{\omega^2}} + i\frac{\alpha \frac{c}{\omega}}{1+\alpha^2 \frac{c^2}{\omega^2}}$$ ρ – densitatea mediului *c* – viteza de propagare a sunetului ω – pulsația oscilației α – constanta de atenuare acustică
51.	Impedanță mecanică	Raportul complex dintre forța sinusoidală aplicată unui sistem oscilant neconservativ și componenta sinusoidală a vitezei punctului său de aplicație, considerată pe direcția forței
52.	Impuls	Fenomen ce constă în creșterea bruscă a unei mărimi până la o anumită valoare, menținerea constantă a acestei valori pentru o durată foarte scurtă și scăderea bruscă la zero a mărimii. *Observație:* Ordinele de mărime ale timpului pentru cele trei perioade proprii impulsului se stabilesc de la caz la caz
53.	Indice de atenuare	Indice pentru aprecierea capacității de izolare la zgomot aerian a unui element de construcție despărțitor. Se măsoară în benzi de frecvență de o octavă și 1/3 octavă: $$R = 10 \log \frac{E_1}{E_2}$$ În funcție de izolația acustică brută, indicele de atenuare se exprimă la frecvența de o octavă sau 1/3 octavă prin relația: $$R = D + 10 \log \frac{S}{A}$$ E_1 – energia incidentă pe suprafața elementului de construcție despărțitor, în camera de emisie; E_2 – energia radiată de elementul de construcție despărțitor, în camera de recepție; *S* – suprafața elementului despărțitor, în m^2; *A* – suprafața de absorbție echivalentă a încăperii receptoare, în m^2 U.A.

Tabelul 4.8 (continuare)

1	2	3
54.	Indice de izolare la zgomot de impact	Prin indice de izolare la zgomot de impact se înțelege ordonata (măsurată în dB) cu care trebuie translatată curba etalon, pentru a se suprapune peste curba nivelelor normalizate (măsurată sau calculată) corespunzătoare elementului de construcție pentru care se stabilește indicele
55.	Indice de izolare la zgomot aerian	Prin indice de izolare la zgomot aerian corespunzător unui anumit element de construcție se înțelege ordonata (măsurată în dB) cu care trebuie translatată curba normată a indicilor de atenuare, pentru a o suprapune peste curba reală a indicilor de atenuare, măsurată sau calculată. *Observație:* Cele două curbe se consideră suprapuse dacă abaterea negativă medie a curbei reale față de curba normată este mai mică sau cel mult egală cu 2 dB.
56.	Indice de nivel de tărie al unui sunet	Indicele curbei de egal nivel de tărie care limitează superior spectrul unui sunet, fără să-l intersecteze
57.	Indice de refracție	Raportul dintre viteza de propagare a undei într-un mediu de referință și viteza de propagare a undei în mediul considerat
58.	Indice total de atenuare al unui element de construcție despărțitor	Indice pentru aprecierea capacității de izolare la zgomot aerian al unui element de construcție neomogen (de exemplu ,cu uși și ferestre): $$R_{tot} = R_0 - 10\lg\left[1+\frac{S_1}{S_0}\left(10^{\frac{1}{10(R_1-R_0)}}-1\right)\right]$$ R_0 – indicele de atenuare pentru elementul de construcție considerat omogen; R_1 – indicele de atenuare pentru elementul de închidere (ușă, fereastră); S_0 – suprafața elementului de construcție (inclusiv uși și ferestre); S_1 – suprafața ușilor sau ferestrelor
59.	Intensitatea undelor	Fluxul de energie care străbate unitatea de suprafață, perpendiculară pe direcția de propagare a undelor
60.	Interferență	Fenomenul care se produce într-un domeniu dat în spațiu și care rezultă în urma compunerii a două sau mai multe unde, după legile proprii de compunere ale undelor

Tabelul 4.8 (continuare)

1	2	3
61.	Izolație acustică brută (diferență de nivel)	Diferența dintre nivelurile de zgomot din încăperea de emisie L_1 și cea de recepție L_2: $$D = L_1 - L_2$$
62.	Izolație acustică normalizată	$$D_n = D + 10 \log \frac{A_0}{A}$$ D – izolația acustică brută; A_0 – suprafața de absorbție echivalentă de referință (10 m^2 U.A.); A – suprafața de absorbție echivalentă a încăperii în care este recepționat sunetul
63.	Îmbunătățirea indicelui de izolare la zgomot de impact, corespunzător unei pardoseli	Diferența dintre indicele de izolare la zgomot de impact corespunzător planșeului cu pardoseală și acela corespunzător planșeului fără pardoseală
64.	Înălțimea sunetului	Calitatea sunetelor, de intensități sensibil egale, de a putea fi înscrise pe o scară subiectivă, variind în sensul axei reale pozitive (de la „*joase*" la „*înalte*"), corespunzător cu variația în același sens a frecvenței
65.	Lungime de undă	Distanță considerată în direcția propagării, între două puncte succesive ale unei unde periodice de frecvență dată, în care faza oscilației diferă cu 2π radiani
66.	Maxim (ventru)	Loc în care mărimea caracteristică a undei staționare are amplitudinea maximă
67.	Măsuri active de combatere a zgomotului	Acțiunile îndreptate asupra surselor, în scopul reducerii nivelului de intensitate al zgomotului produs de acestea
68.	Măsuri pasive de combatere a zgomotului	Acțiuni de ordin constructiv sau urbanistic, cu scopul de a reduce nivelul de zgomot produs de diferite surse fixe sau provenite din trafic
69.	Mișcare oscilatorie armonică	Mișcarea periodică a unui punct material în care parametrul geometric ce determină poziția punctului se poate exprima printr-un polinom de gradul I în sinusul sau consinusul unei funcții liniare de timp
70.	Mișcare periodică	Mișcarea oscilatorie în care valorile parametrilor geometrici care determină poziția sistemului se repetă după intervale de timp determinate

Tabelul 4.8 (continuare)

1	2	3
71.	Modul de elasticitate	Rigiditatea unui material de lungime unitară pe direcția solicitării
72.	Modul de elasticitate static	Rigiditatea statică a unui material de lungime unitară pe direcția solicitată
73.	Nivel de intensitate	De zece ori logaritmul zecimal al raportului dintre intensitatea undelor și o intensitate de referință
74.	Nivel de poluare sonoră	$L_p = L_{ech} + K \cdot \sigma$ $L_{ech.}$ – nivelul echivalent de zgomot K – constantă (2,56) σ – abaterea medie pătratică dedusă din curba densității de repartiție a nivelului real de zgomot înregistrat în timp
75.	Nivel de presiune acustică	De 20 de ori logaritmul zecimal al raportului dintre presiunea acustică eficace a sunetului respectiv și presiunea acustică de referință
76.	Nivel de putere acustică	De zece ori logaritmul zecimal al raportului dintre puterea acustică radiată de o sursă și puterea de referință
77.	Nivel de tărie al unui sunet pur	De 20 de ori logaritmul zecimal al raportului dintre puterea acustică eficace a unui sunet pur de 1000 Hz, apreciat de un ascultător biologic normal ca având o intensitate egală cu aceea a sunetului considerat și pragul de audibilitate pentru frecvența de 1000 Hz
78.	Nivelul normalizat al zgomotului de impact	Nivelul zgomotului de impact standardizat ce se recepționează într-o încăpere având suprafața echivalentă de absorbție $A = 10$ m^2 U.A.: $L_n = L_1 - 10 \lg \frac{A}{A_0}$ L_1 – nivelul zgomotului de impact măsurat A – suprafața de absorbție echivalentă reală, corespunzătoare încăperii de recepție A_0 – suprafața de absorbție de referință (10 m^2 U.A.).
79.	Nivelul zgomotului de impact	Nivelul zgomotului produs într-o unitate funcțională, când pe planșeul de deasupra acesteia acționează direct un ciocan de impact
80.	Nivel de zgomot exterior clădirii	Nivel de presiune acustică provenit de la surse exterioare clădirii

Tabelul 4.8 (continuare)

1	2	3
81.	Nivel de zgomot interior	Nivelul de presiune acustică existent într-o unitate funcțională, rezultat din pătrunderea zgomotului exterior unității funcționale. *Observație*: În cazul în care unitatea funcțională constă dintr-un ansamblu de încăperi (de exemplu, apartament), prin nivel de zgomot interior unității funcționale se înțelege cel mai ridicat nivel L înregistrat într-o încăpere destinată unei activități continue (cameră de zi, birou etc.).
82.	Nivel de zgomot echivalent	Media ponderată a nivelurilor de zgomot înregistrate într-un anumit interval de timp: $$L_{ech} = \frac{q}{2}\left(\log\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n} t_i \cdot 10\frac{0,3L}{q}\right)$$ L – nivelul de zgomot în timpul t_i; t_i – timpul în care zgomotul păstrează un anumit nivel; q – coeficientul având valoarea 4 pentru zgomote curente din construcții și trafic pe străzi și 3, pentru orice alt zgomot
83.	Nod	Loc în care mărimea caracteristică a undei staționare are amplitudinea zero sau minimă
84.	Număr de undă	Mărime inversă a lungimii de undă corespunzătoare propagării neghidate în mediul considerat
85.	Oscilație forțată	Oscilația care are loc sub acțiunea unei forțe exterioare (perturbatoare) periodice
86.	Perioada	Intervalul de timp minim după care mărimile de stare care definesc o mișcare periodică își repetă valorile
87.	Poluare sonoră	Efectul supărător datorat unui zgomot al cărui nivel de intensitate înregistrează o variație aleatorie în timp
88.	Prag de audibilitate	Limita inferioară a presiunii acustice eficace la o frecvență determinată la care, pentru un ascultător dat, senzația auditivă dispare. *Observație*: Pragul de audibilitate depinde de condițiile de câmp acustic și recepția fiziologică
89.	Prag de durere	Limita superioară a presiunii acustice eficace la o frecvență determinată și pentru un ascultător dat, pentru care senzația auditivă se transformă într-o senzație de durere. *Observație*: Pragul de durere depinde de condițiile de câmp acustic și de recepția fiziologică

Tabelul 4.8 (continuare)

1	2	3
90.	Prag normalizat de audibilitate	Creşterea pragului de audibilitate care se înregistrează la un anumit timp după încetarea unui semnal acustic audibil recepționat de ascultător. *Observație*: Deplasarea temporară a pragului de audibilitate depinde de calitățile psiho-fiziologice ale ascultătorului, de caracterul semnalului şi de durata sa în timp
91.	Prag normalizat de durere	Prag de durere pentru un ascultător biologic normal
92.	Presiune acustică eficace	Valoarea medie pătratică a presiunii acustice instantanee în interval de o perioadă, într-un punct al unui mediu
93.	Presiunea acustică instantanee	Diferența între presiunea existentă la un moment dat, într-un punct al unui fluid, şi presiunea statică
94.	Presiune statică	Presiunea care există într-un mediu elastic, în lipsa undelor
95.	Pulsație (frecvență circulară)	Numărul de perioade în 2π secunde
96.	Putere acustică	Energia acustică totală radiată de o sursă de oscilații, în unitatea de timp
97.	Reducerea nivelului normalizat al zgomotului de impact	Diferența dintre nivelul normalizat al zgomotului de impact standardizat corespunzător planşeului brut şi acela corespunzător planşeului cu pardoseală
98.	Reflexie	Fenomenul care apare la întâlnirea de către o undă a suprafeței de separație între două medii cu proprietăți de propagare diferite şi care constă în apariția unei unde care se propagă în mediul din care soseşte unda
99.	Reflexie totală	Reflexia caracterizată prin aceea că unda reflectată preia întreaga energie a undei incidente
100.	Refracție	Fenomenul care apare la întâlnirea de către o undă a suprafeței de separație între două medii cu proprietăți de propagare diferite, care constă în apariția unei unde în mediul alăturat celui din care soseşte unda incidentă, cu direcția de propagare în general diferită de aceasta
101	Rezistența acustică	Componenta reală a impedanței acustice
102.	Rezistența acustică specifică	Componenta reală a impedanței acustice specifice

Tabelul A.8 (continuare)

1	2	3
103.	Rezistență la flux de aer	Raportul dintre diferența de presiune între fețele unei probe (corespunzătoare trecerii aerului în mod forțat prin probă) și volumul de aer ce trece, în unitatea de timp, prin unitatea de suprafață a probei
104.	Rezistența specifică la flux de aer	Raportul dintre rezistența la flux de aer și înălțimea probei
105.	Rezonanță	Fenomenul de creștere în timp a aplitudinii unui sistem elastic sub acțiunea unei forțe perturbatorii periodice, de frecvență practic egală cu una din frecvențele oscilațiilor proprii ale sistemului
106.	Rezonator (cu sistem acustic absorbant)	Sistem fizic la care absorbția energiei incidente se produce printr-un fenomen de rezonanță a unor cavități
107.	Rezonatori Helmholz	Rezonator constituit dintr-o cavitate unită printr-un orificiu cu aerul din încăpere. *Observație:* Dacă dimensiunile rezonatorului sunt mici în comparație cu lungimea de undă acustică, el poate fi considerat ca un sistem cu un singur grad de libertate, la care elementul inerțial este reprezentat de masa aerului din orificiu, iar elementul elastic este aerul cuprins în cavități. Rezonatorul este cu atât mai eficient cu cât în orificii se opune o rezistență de frecare mai mare a aerului care oscilează
108.	Rezonatori cuplați	Rezonatori care se realizează dintr-un ecran perforat, amplasat la o anumită distanță de o suprafață rigidă
109.	Rigidități	Rigiditatea unui material la o anumită solicitare axială reprezintă derivata funcției σ (Δt) σ – efortul unitar rezultat din solicitarea axială la care este supus materialul Δt – alungirea căreia îi corespunde efortul *Observație*: Rigiditatea unui material depinde în mod esențial de alura curbei σ (t): t – timpul în care efortul crește de la 0 la valoarea considerată
110	Rigiditate statică	Rigiditatea determinată în cazul în care curba σ (t) este caracterizată prin existența unor paliere corespunzătoare menținerii constante în timp a efortului.

Tabelul 4.8 (continuare)

1	2	3
		Observație: Determinarea deformațiilor se face numai în perioadele de timp corespunzătoare valorilor constante ale efortului, luându-se în considerare valorile deformațiilor corespunzătoare stabilizării în timp a fenomenului
111.	Semnal acustic audibil	Semnal purtat de undele acustice capabile de a produce o senzație auditivă
112.	Spectru	Reprezentarea amplitudinilor și câteodată a fazelor, componentelor sinusoidale ale unei mărimi ce poate fi exprimată printr-o serie Fourier (sau, la limită, printr-o integrală Fourier), în funcție de frecvență
113.	Spectru continuu	Spectru acustic al unei mărimi neperiodice într-o porțiune sau în totalitatea spectrului
114.	Subarmonică	Mărime sinusoidală a cărei frecvență este un submultiplu întreg al frecvenței fundamentale
115.	Sunet	Undele care poartă oscilații cu o frecvență perceptibilă de către spectrul auditiv (16-20 000 Hz)
116.	Sunet complex	Sunet produs de o oscilație complexă
117.	Sunet pur	Sunet produs de o oscilație armonică
118.	Sunet structural	Sunet care se propagă prin corpuri solide
119.	Suprafața echivalentă de absorbție	Suprafața cu un coeficient de absorbție egal cu 1, care în cazul distribuției uniforme a sunetului ar putea să absoarbă aceeași cantitate de energie acustică pe care o absoarbe întreaga suprafață a încăperii împreună cu obiectele ce se găsesc în ea: $A = \sum \alpha_i S_i$ Pentru o încăpere la care se cunoaște timpul de reverberație pentru o frecvență dată, suprafața echivalentă de absorbție se determină cu relația: $A = 0,163 \frac{V}{T}$ S_i – suprafețele caracteristice ale încăperii; α_i – coeficienți de absorbție, V – volumul încăperii; T – timpul de reverberație al încăperii
120.	Sursă de unde sferică (sferă pulsantă)	Sursă de unde de forma unei sfere a cărei suprafață pulsează periodic

Tabelul 4.8 (continuare)

1	2	3
121.	Tăria sunetului	Calitatea sunetelor de a putea fi înscrise pe o scară variind de la „*slabe*" la „*puternice*", în sensul axei reale pozitive, corespunzător cu variația în același sens a intensității lor
122.	Timbrul sunetului	Calitatea sunetelor de intensități sensibil egale, pentru a putea fi diferențiate subiectiv, în funcție de compoziția lor spectrală
123.	Transmitanță normală	Raportul dintre intensitatea undei care a traversat un corp și cea a undei incidente
124.	Tratamente acustice absorbante	Materiale sau structuri special alcătuite, ce se caracterizează printr-un coeficient de absorbție ridicat
125.	Tren de unde	Succesiune de grupuri de unde care se repetă în mod asemănător
126.	Umbră acustică	Spațiul din spatele unui obstacol în calea undelor, în care acestea nu se propagă
127.	Unde coerente	Unde între care există relații de coerență
128.	Undă incidentă	Undă care ajunge pe suprafața de separație dintre două medii cu proprietăți de propagare diferite
129.	Unde de încovoiere	Unde cu caracteristici asemănătoare celor transversale, ce se propagă în medii cu dimensiuni finite
130.	Undă longitudinală	Undă vectorială al cărei vector caracteristic este paralel cu direcția de propagare
131	Undă periodică	Undă a cărei mărime caracteristică are o variație periodică de timp
132.	Undă reflectată	Undă care apare în urma fenomenului de reflexie
133.	Undă sinusoidală (monocromatică)	Undă a cărei mărime caracteristică are o variație sinusoidală în timp
134.	Undă staționară	Starea de oscilație a unui câmp în care raportul valorilor instantanee ale mărimilor caracteristice oscilației, considerate în același moment în două puncte date, nu variază în timp
135.	Undă transversală	Undă vectorială al cărei vector caracteristic este normal pe direcția de propagare
136.	Zgomot	Orice sunet care nu este util din punct de vedere al unui anumit ascultător sau care produce o senzație supărătoare pentru organismul uman

Tabelul 4.8 (continu[…])

1	2	3
		Observație: Determinarea deformațiilor se face numai în perioadele de timp corespunzătoare valorilor constante ale efortului, luându-se în considerare valorile deformațiilor corespunzătoare stabilizării în timp a fenomenului
111.	Semnal acustic audibil	Semnal purtat de undele acustice capabile de a produce o senzație auditivă
112.	Spectru	Reprezentarea amplitudinilor și câteodată a fazelor, componentelor sinusoidale ale unei mărimi ce poate fi exprimată printr-o serie Fourier (sau, la limită, printr-o integrală Fourier), în funcție de frecvență
113.	Spectru continuu	Spectru acustic al unei mărimi neperiodice într-o porțiun[e] sau în totalitatea spectrului
114.	Subarmonică	Mărime sinusoidală a cărei frecvență este un submultipl[u] întreg al frecvenței fundamentale
115.	Sunet	Undele care poartă oscilații cu o frecvență perceptibilă d[e] către spectrul auditiv (16-20 000 Hz)
116.	Sunet complex	Sunet produs de o oscilație complexă
117.	Sunet pur	Sunet produs de o oscilație armonică
118.	Sunet structural	Sunet care se propagă prin corpuri solide
119.	Suprafața echivalentă de absorbție	Suprafața cu un coeficient de absorbție egal cu 1, care în cazul distribuției uniforme a sunetului ar putea să absoarbă aceeași cantitate de energie acustică pe care o absoarbe întreaga suprafață a încăperii împreună cu obiectele ce se găsesc în ea: $$A = \sum \alpha_i S_i$$ Pentru o încăpere la care se cunoaște timpul de reverberație pentru o frecvență dată, suprafața echivalentă de absorbție se determină cu relația: $$A = 0{,}163\ \frac{V}{T}$$ S_i – suprafețele caracteristice ale încăperii; α_i – coeficienți de absorbție, V – volumul încăperii; T – timpul de reverberație al încăperii
120.	Sursă de unde sferică (sferă pulsantă)	Sursă de unde de forma unei sfere a cărei suprafață pulsează periodic

Tabelul 4.8 (continuare)

1	2	3
121.	Tăria sunetului	Calitatea sunetelor de a putea fi înscrise pe o scară variind de la „*slabe*" la „*puternice*", în sensul axei reale pozitive, corespunzător cu variația în același sens a intensității lor
122.	Timbrul sunetului	Calitatea sunetelor de intensități sensibil egale, pentru a putea fi diferențiate subiectiv, în funcție de compoziția lor spectrală
123.	Transmitanță normală	Raportul dintre intensitatea undei care a traversat un corp și cea a undei incidente
124.	Tratamente acustice absorbante	Materiale sau structuri special alcătuite, ce se caracterizează printr-un coeficient de absorbție ridicat
125.	Tren de unde	Succesiune de grupuri de unde care se repetă în mod asemănător
126.	Umbră acustică	Spațiul din spatele unui obstacol în calea undelor, în care acestea nu se propagă
127.	Unde coerente	Unde între care există relații de coerență
128.	Undă incidentă	Undă care ajunge pe suprafața de separație dintre două medii cu proprietăți de propagare diferite
129.	Unde de încovoiere	Unde cu caracteristici asemănătoare celor transversale, ce se propagă în medii cu dimensiuni finite
130.	Undă longitudinală	Undă vectorială al cărei vector caracteristic este paralel cu direcția de propagare
131	Undă periodică	Undă a cărei mărime caracteristică are o variație periodică de timp
132.	Undă reflectată	Undă care apare în urma fenomenului de reflexie
133.	Undă sinusoidală (monocromatică)	Undă a cărei mărime caracteristică are o variație sinusoidală în timp
134.	Undă staționară	Starea de oscilație a unui câmp în care raportul valorilor instantanee ale mărimilor caracteristice oscilației, considerate în același moment în două puncte date, nu variază în timp
135.	Undă transversală	Undă vectorială al cărei vector caracteristic este normal pe direcția de propagare
136.	Zgomot	Orice sunet care nu este util din punct de vedere al unui anumit ascultător sau care produce o senzație supărătoare pentru organismul uman

Tabelul 4.8 (continuare)

1	2	3
137.	Zgomot aerian	Zgomotul produs într-o încăpere dintr-o unitate funcțională care se propagă prin mediul aerian al încăperii respective până la elementele de construcție despărțitoare (pereți, planșee), prin intermediul cărora este radiat în încăperile adiacente
138.	Zgomot alb	Sunet complex al cărui spectru în funcție de frecvență este continuu, având valoarea medie a energiei acustice raportată la un Hz, constantă într-o bandă de frecvență suficient de largă
139.	Zgomot de fond	Zgomot care există într-un punct dat, în absența semnalelor acustice auditive utile
140.	Zgomot de impact	Zgomot care ia naștere prin lovirea unui element de construcție, sub formă de sunet structural, și care este radiat în încăpere sub formă de zgomot aerian
141.	Zgomot de impact standardizat	Zgomot de impact produs cu ajutorul ciocanului de impact

5.

ILUMINAREA NATURALĂ

5.1. Elemente generale

Conceptul de confort implică şi existenţa confortului luminos. Toate încăperile destinate unei locuinţe trebuie să primească lumină naturală. Excepţie pot face: holurile, cămările, grupurile sanitare.

Nivelul de iluminare naturală este influenţat de:

– amplasarea geografică, orientarea clădirii;

– culoarea suprafeţei interioare a încăperilor;

– curăţenia geamurilor.

Iluminatul interior natural se compune din iluminatul direct şi iluminatul indirect.

5.2. Mărimi principale în iluminarea naturală

Principalele mărimi în iluminarea naturală sunt prezentate în continuare.

• Fluxul luminos este puterea radiaţiei luminoase. Când fluxul luminos este omogen, având lungimea de undă λ, el este:

$$Q_\lambda = K \cdot V_\lambda \, P \text{ [lm]}$$

unde: V_λ este vizibilitatea relativă a fluxului monocromatic având lungimea de undă λ;

K – coeficient care depinde de alegerea unităților pentru măsurarea fluxului radiant.

Unitatea de măsură a fluxului luminos este lumenul [lm] – mărime a fluxului luminos emis de un corp absolut negru la temperatura de solidificare a platinei de pe suprafața de $5305 \cdot 10^{-10}$ m^2.

• Intensitatea luminoasă I este raportul dintre fluxul luminos d$\varnothing$ și unghiul solid dΩ:

$$I = \frac{d\varnothing}{d\Omega} \quad [cd]$$

Unitatea de măsură a intensității luminoase este lumânarea internațională sau candela [cd] (1 cd = 1 lm / 1 sr = 1 lumen / 1 steradian).

Unghiul solid Ω este raportul dintre suprafața A pe care o secționează din suprafața sferei circumscrise din vârful lui și pătratul razei r a acestei sfere.

• Iluminarea E este densitatea fluxului luminos care cade pe o suprafață și este raportul dintre fluxul luminos și suprafață:

$$E = \frac{Q}{\sigma}$$

Unitatea de măsură este luxul (1 lx = 1 lm /1 m^2).

• Luminanța (strălucirea) B caracterizează atât intensitatea luminoasă radiată într-o anumită direcție, cât și iluminarea radiată de suprafața luminoasă:

$$B = \frac{I}{\sigma \cos\varphi} = \frac{Q}{\sigma \cos\varphi\Omega}$$

unde: Q este fluxul luminos;

Ω – unghiul solid.

Unitatea de măsură este stilbulul [sb], adică strălucirea unei suprafețe plane unitare, luminoase, care, de pe o suprafață de un metru pătrat radiază în direcție perpendiculară pe ea o lumină de intensitate de o candelă.

• Eminanța (radianța) R este fluxul luminos emis în toate direcțiile de o suprafață A (inversa iluminării)

$$R = \frac{\varnothing}{A} = K \cdot E \qquad [\mathrm{lm/m^2}]$$

unde: K este coeficientul de reflexie al suprafeței sau de transmisie optică a materialului. Unitatea de măsură este $\mathrm{lm/m^2}$.

5.3. Calculul iluminării naturale

Calculul se efectuează în punctele caracteristice pe planul de lucru al încăperii. Iluminarea într-un punct caracteristic se realizează prin însumarea iluminării directe cu cea reflectată.

Coeficientul de iluminare naturală e_M, într-un punct oarecare al încăperii M, reprezintă raportul iluminării E_M în acest punct către iluminarea exterioară concomitentă a unei suprafețe orizontale în aer liber, iluminată de lumina difuză a întregii bolți cerești E_c:

$$e_M = \frac{E_M}{E_c} \ [\%]$$

Calculul iluminării naturale a construcțiilor se bazează pe legea proiecției unghiului solid și pe legea analogiei iluminării naturale.

În STAS 6221/1989 sunt prezentate valori care s-au stabilit în condiții de iluminare exterioară de 4000 lx și la nivelul planului de lucru (cota + 0,85 - +1,00 sau la cota pardoselii, după caz).

Valoarea iluminării interioare într-un punct dat al planului de lucru se calculează cu relația:

$$E_{int} = \frac{E_{ext} \cdot lz}{100}$$

Pentru clădiri civile, factorii de uniformitate ai iluminării, în încăperi cu iluminat natural, trebuie să se încadreze între valorile 0,20, pentru iluminat lateral, şi 0,50, pentru iluminat zenital sau combinat.

În vederea evitării supraîncălzirii încăperilor şi a evitării efectelor de orbire şi strălucire, se recomandă ca la stabilirea amplasamentului clădirilor civile să se aibă în vedere modul de orientare favorabilă a fronturilor vitrate.

5.4. Iluminarea naturală verticală prin ferestre

Dimensiunile ferestrelor S_f, în funcție de suprafața pardoselii S_p, trebuie să satisfacă valorile minime prezentate în tabelul 5.1.

Iluminarea naturală a unei încăperi nu este proporțională cu suprafața ferestrelor S_f, când:

$$S_f > \left(\frac{1}{10} - \frac{1}{8}\right) S_p$$

Mărind suprafața ferestrelor S_p la $\left(\frac{1}{6} - \frac{1}{3}\right) S_p$, iluminarea naturală va creşte numai cu 60%.

Se recomandă ca, la încăperile cu suprafață mare de lucru, suprafața pardoselii să nu depăşească $\frac{1}{4}$ din suprafața ferestrei.

În tabelul 5.1 este prezentat raportul optim dintre suprafața golurilor de ferestre şi suprafața pardoselii, pentru principalele activități desfăşurate în încăperi.

Potențialul de reducere a consumului de energie, atât în clădirile existente cât şi în cele noi, este deosebit de mare, de exemplu, prin prevederea unor construcții cu izolații mai bune, sisteme de iluminat, încălzire şi răcire mai eficiente şi recuperarea pierderilor de căldură. Au fost obținute economii

de până la 70% şi au fost construite locuinţe autonome. În proiectarea noilor clădiri au crescut oportunităţile de abordare integrată a aspectelor arhitecturale şi de eficienţă energetică şi utilizarea energiilor regenerabile. Cele mai noi tehnologii şi sisteme de execuţie sunt în mod constant introduse în noi aplicaţii şi dezvoltări viitoare.

Tabelul 5.1

Valorile raportului S_f/S_p

Nr. crt.	Destinaţia încăperilor	Raportul dintre suprafaţa golurilor ferestrelor S_f şi suprafaţa pardoselii încăperii S_p
1	2	3
1.	*Încăperile de locuinţe:*	
	• de locuit (camere de zi şi dormitoare)	1/6-1/8
	• celelalte încăperi (băi, bucătării, spălătorii şi uscătorii)	1/8-1/10
	• casa scărilor	1/10-1/14
2.	*Încăperile de lucru:*	
	• atelier	1/5-1/7
	• laboratoare de cercetări şi control	1/3-1/4
3.	*Încăperi de învăţământ:*	
	• săli de clasă, cabinete de specialitate	1/3-1/4
	• atelier, cancelarii, cabinete de specialitate	1/6-1/8
	• coridoare	1/8-1/10
4.	*Încăperi la creşe, grădiniţe, leagăne, cămine:*	
	• camere de grupe-joc la grădiniţe	1 /2-1/4
	• dormitoare	1 /2-1/5
	• spălător, cameră duş, WC, vestiar, coridor	1/8-1/10
5.	*Încăperi de spitale şi instituţii medicale:*	
	• săli de operaţie, săli de naştere, laboratoare, săli de tratamente şi pansamente	1/3-1.4
	• saloane de alăptare, farmacii, biberonerii şi bucătării dietetice, saloane de bolnavi, saloane de nou-născuţi	1 /4-1/5
	• cabinete medicale, de consultaţii, saloane de bolnavi	1 /4-1/6
	• spaţii de lucru la unităţi sanitare, săli de pregătire preoperatorie, staţii de sterilizare, bucătării, spălătorii, ateliere de reparaţii, ateliere de lenjerii	1/5-1/8

Tabelul 5.1 (continuare)

1	2	3
	• camere și săli de așteptare, cameră de gardă pentru personal sau activități de coordonare, camere de tratament röntgen, fizioterapie	1/6-1/7
6.	*Încăperi la clădiri administrative*	1/6-1/8
7.	*Încăperi pentru:* • biblioteci, săli de lectură • săli pentru activități sportive	 1 /4-1/6 1 /4-1/6
8.	*Încăperi de restaurante, cantine:* • săli de mese • laboratoare de preparare a mâncării	 1/6-1/8 1/ 4-1/6
9.	*Încăperi de hoteluri:* (camere, dormitoare comune)	 1/6-1/8

Observație. Pentru alte încăperi, suprafața golurilor ferestrelor se va determina prin asimilare, cu valorile specificate în tabel.

Performanțele energetice ale unui mare număr de blocuri care au fost proiectate înainte de abordarea aspectelor de eficiență energetică și impact asupra mediului ambiant trebuie îmbunătățite semnificativ, atât în componența construcției cât și în cea a instalațiilor. Este de o importanță strategică să se dispună de informațiile cele mai recente, să se utilizeze rezultatele disponibile, să se evite greșelile făcute anterior de alții și, dacă este posibil, să se orienteze activitățile de cercetare spre problemele care sunt specifice și importante pentru țările NAS (program european de cercetare privind eficiența energetică a clădirilor).

Rețeaua tematică EnerBuild RTD a fost creată pentru dezvoltarea cooperării în domeniul energiei. Rețeaua cuprinde 57 de membri, coordonatorul proiectului fiind Universitatea Națională a Irlandei – Dublin. Proiectul este organizat în șase grupuri tematice: tehnologii solare, iluminat, încălzirea și răcirea mecanică, aplicații fotovoltaice în clădiri, componente ale clădirilor și proiectare urbană.

Directoratul general de cercetare al Comisiei Europene a identificat domeniul iluminatului clădirilor ca o arie în care cercetarea este necesară pentru stimularea dezvoltărilor viitoare, în direcția unor tehnologii eficiente. Au fost inițiate diferite programe de cercetare în acest domeniu, în timp ce numeroase altele sunt în desfășurare. Dacă această cerință se dorește să fie îndeplinită fără un consum exagerat de energie, atunci trebuie găsite căile prin care mai multă lumină naturală să pătrundă în interiorul clădirilor. Aceasta reprezintă o schimbare majoră, atât în proiectarea clădirilor și alegerea optimă a materialelor de construcție, cât și în sistemele inginerești.

Obiectivul primar al proiectului promovat este de a dezvolta un instrument de proiectare a iluminatului natural utilizabil în faza inițială de dimensionare a ferestrelor clădirilor, care să conducă la o performanță energetică și ambientală mai bună. Instrumentul încorporează o interfață grafică interactivă, este aplicabil la toate climatele din Europa, utilizând standardele și practicile europene, și asigură o bază de date extensivă a unor studii de caz, pentru comparație. Pe lângă performanța iluminării naturale, aplicația indică și alți factori de mediu asociați cu vitrarea, precum pierderile de căldură, supraîncălzirea, umbrirea și confortul termic. Programul include proiectarea iluminatului artificial și utilizează reguli de logică fuzzy, pentru a asigura feed-back-ul pentru utilizator, privind succesul proiectului realizat. DIAL-Europe poate fi utilizat atât în scopuri practice cât și educaționale.

Radiația solară reprezintă sursa majoră de energie, care poate fi reînnoită. Integrarea elementelor optice holografice (de direcționare a luminii) în anvelopa clădirii oferă o utilizare de înaltă eficiență a acestor surse. Controlul energiei solare prin redirecționarea radiației solare directe și indirecte conferă un spectru de aplicații larg, cu un mare potențial de economisire a energiei. Proiectul HOE este destinat iluminării la distanță a încăperilor cu

lumină solară de înaltă calitate, difuză sau directă, permite controlul eficient al radiației solare, pentru a reduce sarcina de răcire și creează un sistem de concentrare a luminii pentru a îmbunătăți eficacitatea panourilor fotovoltaice. Implementarea proiectului HOE asigură o abordare integrată pentru eficientizarea clădirii, prin utilizarea energiei solare. Acesta este un pas important în direcția micșorării cererii de energie pentru clădiri.

Proiectul este destinat obținerii unei unități ce îmbină tehnologia conductelor de lumină cu sistemele pasive de ventilație, prin utilizarea unei conducte de lumină ca dispozitiv de exhaustare. Acest sistem va fi integrat cu un sistem de transmitere a energiei, atât pentru încălzire cât și pentru răcire. Un sistem pilot a fost construit și testat la scară reală. Ariile de aplicare sunt clădirile pentru învățământ și cele pentru birouri. Studiile de caz evidențiază un potențial remarcabil pentru economisirea energiei în iluminat, utilizând conductele de lumină-ventilație. Costurile de producere ale sistemului sunt puternic influențate de dimensiunea conductei de lumină, iar rentabilitatea depinde de locația sistemului. Durata de revenire simplă variază de la 6 la 16 ani. Totuși, dezvoltarea viitoare a colectorului de lumină ar putea contribui considerabil la reducerea acestei durate.

Proiectul vizează dezvoltarea ferestrelor inteligente bazate pe geamuri ce includ filme cu o rețea de cristale de polimeri (PLNC). Un astfel de geam permite controlul reflectanței geamului într-un mod similar cu cel al unui dispozitiv electric al unui sistem de reglare. Obiectivul final constă în producerea unui geam inteligent echipat cu un dispozitiv de monitorizare și autoreglare, integrat în panoul de sticlă. Sistemul de control solar poate fi realizat în concordanță cu cerințele arhitecturale. Filmele PLNC obținute până în prezent permit diferențieri în proporțiile de lumină difuză și reflectată. Au fost realizate trei stări: transparență, reflexivitate și dispersare. Timpul

de răspuns este scurt (1:100 s). Reflexia poate fi selectivă (50 mm) sau pe o bandă mai largă (150 nm), dar nu poate fi asigurată pentru întregul spectru al radiației solare, vizual sau nu. Filme cu lățime de 400 mm au fost obținute în spectrul IR (1,5 microni). Domeniul acceptabil de temperaturi este de 100°C. Eșantioanele de componente de geamuri au fost realizate cu dimensiunea de 600 × 800 mm – HG 18, cu o bandă de lățime 250 mm în jurul lui 1,1 micron și HG17 cu o bandă de lățime 70 nm în jurul lui 480 nm. Transmitanța vizuală este redusă aproape de zero pentru o bandă de lățime de la 200 la 500 nm. Transmitanța rezultată în întregul spectru solar este mai mare, între 60 și 74%.

Lățimea benzii de reflexie trebuie să fie în acord cu cerințele utilizatorilor. Programul ARTHELIO urmărește reducerea energiei utilizate pentru iluminatul interior, prin transportul luminii naturale disponibile spre spațiile interioare îndepărtate ale clădirii. În acest sens, a fost realizat un sistem de ghidare a luminii prin conducte („Hollow Light Guide System" – HLG), care transportă și distribuie lumina. Se precizează că la Universitatea Tehnică din Berlin a fost proiectat și executat un goniofotometru – singurul instrument capabil să măsoare fluxul luminos.

Iluminatul natural lateral pentru zona de lucru, în secțiunile caracteristice, reprezintă valoarea minimă a coeficientului de iluminare naturală e_{min}. Primul punct pe planul de lucru se consideră la 1,0 m distanță de pereții încăperii, iar ultimul, în limita zonei de lucru a încăperii.

Iluminatul natural de sus sau combinat, în limitele zonei de lucru a secțiunilor caracteristice, se consideră valoarea medie a coeficientului de iluminare naturală:

$$e_{med} = \frac{e_0/2 + e_1 + e + \ldots + e_n/2}{n}$$

Tabelul 5.2

Valorile iluminării în încăperi

Categoria de muncă	Caracterul lucrărilor care se execută în încăperi		Valoarea iluminării E [lx]		
			Iluminarea laterală		Iluminarea de sus și combinată cu cea laterală
	Gradul de precizie	Dimensiunile obiectului de distins [mm]	Valoarea minimă	Valoarea recomandată	Valoarea medie
I	Lucru de precizie deosebită	Detalii sub 0,1	140	200	400
II	Lucru de mare precizie	Detalii între 0,1 și 0,3	80	–160	280
III	Lucru de precizie	Detalii între 0,3 și 1,0	60	100	200
IV	Lucru de mică precizie	Detalii între 1,0 și 10,0	40	80	120
V	Lucru brut	Detalii peste 10,0	20	32	80
VI	Lucru care necesită supravegherea proceselor de producție		10	16	40

Observații. Pentru folosirea tabelului este necesar:

– să se precizeze dimensiunile obiectului minim supus atenției privirii;

– să se precizeze categoria condițiilor de muncă din punct de vedere al vizibilității;

– indicii sunt calculați pentru condiții normale de lucru (contrast mijlociu între obiectele privite și fond, finisaj de culoare deschisă al încăperii etc.);

– uniformitatea iluminatului pentru categoriile I, II, III, IV, cu iluminat de sus sau combinat, va fi de *min.* 0,3, iar pentru categoriile I și II, de *min.* 0,5;

– în încăperile de producție din învățământ, categoria lucrărilor se va lua cu o treaptă mai sus față de cele indicate în tabel, cu excepția încăperilor de categoria I.

Tabelul 5.3

Încadrarea unor încăperi în categoriile de iluminare

Categoria	Locuințe și dotări	Clădiri industriale și agrozootehnice
1	2	3
I	Săli de desen, ateliere de pictură, săli de expunere pentru obiecte colorate	Săli desen și proiectare, laboratoare, ateliere de gravură, mecanică fină, instrumente de măsurat și asamblare, produse optice, sortare de fire textile, confecții, țesut, tors, litografie, montaj de aparate electrice, vopsitorie
II	Săli de clasă, auditorii, laboratoare și ateliere pentru învățământ, pentru institute de cercetări și control, expoziții și muzee, cu iluminare naturală	Turnătorie cu modelare dificilă, laminare, strunjire sau presare fină, sculării, strunjit și lustruit lemnul, cuptoare, topitorii și săli de mașini în industria sticlei, tors, țesut, confecții în culori deschise, stereotipie, linotipie, legătorie, sortarea tutunului, săli de comandă în centrale și stații electrice
III	Săli de consultații, pansamente, farmacii și instrumente, saloane de bolnavi, de nașteri etc., laboratoare de microbiologie, săli de lectură în biblioteci	Turnătorie sau presare cu modelare simplă, strunjire, presaj, ștanțare, montaj, prelucrare de piese mijlocii și mari, prelucrarea obișnuită a lemnului, mori, săli de mașini, săli de fabricație de lacuri, vopsele, mase plastice, cauciuc; malaxoare și mori în uzine chimice, melițat și tors fir brut, porțelan, încălțăminte, săpun, prefabricate de construcții, stații de transformare, epurare, pompe, separare și mașini de extracție în industria de cărbuni și minereu, conserve și altele din industria alimentară
IV	Camere de zi și de dormit în locuințe, cămine, internate, hoteluri, camere de triere și de joc în creșe și cămine de copii, birouri, săli de gimnastică și de recreație, încăperi auxiliare în spitale și policlinici, holuri și săli de așteptare în hoteluri și gări, săli de festivitate, grupuri sanitare în creșe și grădinițe	Furnale, forje, oțelării Siemens-Martin, laminoare de piese mari, cazangerie, fabricația țiglei și a cărămizii, tăbăcit, aglomerare și prăjire și alte procese tehnologice în recipiente, fără supraveghere permanentă, preparare pentru cărbune și minereu, inclusiv coxificarea, secții de nutrețuri combinate, fabricarea zahărului, vinificarea, frigorifere, unele încăperi agrozootehnice.

Tabelul 5.3 (continuare)

1	2	3
V	Săli de spectacole și degajamentele lor, încăperi de deservire la spitale și stabilimente publice, inclusiv grupuri sanitare, scări	Depozite produse ambalate sau în vrac, circulații, benzi de transport în secții închise, curățătorie in silozuri, panificație, unele încăperi agrozootehnice
VI	Vestibuluri, coridoare, grupuri sanitare, săli de cazane, depozite, cămări	Încăperi în care nu se exercită decât supravegherea generală a procesului de producție

6.

FUNDAȚII ȘI SUBSOLURI

6.1. Prezentare generală

Infrastructura clădirilor cuprinde ansamblul elementelor de rezistență situate sub nivelul terenului (fundații, subsoluri).

Încărcările transmise de construcție terenului de fundare produc în zona de fundație o stare de tensiune și deformație. La rândul lor, deformațiile din terenul de fundare, prin deplasări provocate în punctele de sprijin ale construcției, determină schimbarea stării de tensiune, respectiv redistribuirea eforturilor în elementele structurii de rezistență a construcției.

La alegerea și proiectarea infrastructurii trebuie să se țină seama de următorii factori determinanți:

- planul clădirii și exigențele funcționale privitoare la spațiile utile din subsoluri;
- studiul de sistematizare aprobat pentru zona de amplasament a construcției;
- clasa de importanță a clădirii;
- particularități impuse de amplasament (relief, adâncime de îngheț, grad de seismicitate);
- caracteristicile hidrogeologice ale terenului (variația apelor subterane, gradul de agresivitate, permeabilitatea terenului);

– schema generală a încărcărilor la nivelul infrastructurii, determinată de tipul structurii, distribuția elementelor portante, înălțimea construcției;

– regimul termic, determinat de condițiile climatice.

6.2. Clasificare

Fundațiile se pot clasifica după mai multe criterii.

A. Din punct de vedere al adâncimii:

– fundații de suprafață (adâncimea de fundare este la *max.* 5-6 m);

– fundații de adâncime.

B. După materialul din care sunt alcătuite:

– fundații din beton;

– fundații din beton armat;

– fundații din piatră;

– fundații din zidărie - cărămidă;

– fundații din lemn (numai sub formă de piloți). Se utilizează la construcții exploatate sub apă.

C. După modul de transmitere a încărcărilor la terenul de fundare:

– fundații directe, când transmiterea încărcărilor se face numai prin suprafața tălpii fundației, aflate în contact cu terenul;

– fundații indirecte, când transmiterea încărcărilor se face atât prin talpa fundației cât și prin pereții laterali. Din această categorie fac parte fundațiile pe piloți și fundațiile pe chesoane.

D. După rigiditatea și starea de tensiuni la care sunt supuse:

– fundații rigide, caracterizate prin aceea că secțiunea cea mai solicitată a tălpii de fundație nu preia decât tensiuni de compresiune sau de întindere;

– fundații elastice, caracterizate prin aceea că în secțiunile cele mai solicitate ale tălpii de fundație pot să apară tensiuni de întindere și forfecare mari, fiind necesară utilizarea betonului armat.

Prin urmare, fundațiile rigide sunt acelea la care, la acțiunea încărcărilor date de construcții și la reacțiunea terenului în secțiunile cele mai solicitate, apar numai tensiuni de compresiune sau, dacă apar și tensiuni de întindere, acestea sunt preluate numai de capacitatea de rezistență la compresiune și întindere a materialului din care sunt executate.

Fundațiile rigide se clasifică astfel:

- fundații rigide izolate, sub stâlpi;
- fundații rigide sub ziduri, cu descărcări pe reazeme izolate;
- fundații rigide continue, sub zidărie.

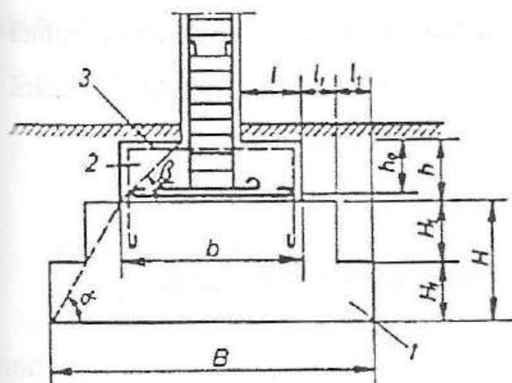


Fig. 6.1. Fundație izolată rigidă:
1 – bloc din beton simplu; *2* – cuzinet din beton armat; *3* – armături de ancorare.

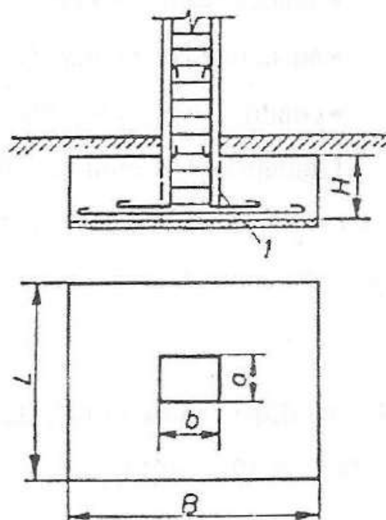


Fig. 6.2. Fundație izolată elastică prismatică.

Fundațiile elastice se pot grupa în:

- fundații elastice izolate, sub stâlpi;

– fundații elastice continue, sub ziduri;

– fundații elastice continue, sub șiruri de stâlpi - grinzi de fundare;

– fundații pe radier general.

6.3. Criterii pentru alegerea adâncimii de fundare

Principalele criterii de alegere a adâncimii de fundare sunt:

• particularitățile constructive și de exploatare ale structurii:
  – existența unor canale;
  – regimul tehnic al subsolului;
  – fundații de utilaje;
• cota de fundare a clădirilor învecinate;
• adâncimea de îngheț;
• adâncimea de afânare (adâncimea pe care se produce eroziunea);
• condiții geologice și hidrogeologice.

Fundațiile de suprafață, numite și fundații directe, se utilizează atunci când terenul de fundare asigură capacitatea portantă necesară preluării încărcării date de construcție.

6.4. Fundații rigide continue sub ziduri și sub diafragme din beton armat

Fundațiile rigide continue transmit încărcările provenite din ziduri și urmăresc conturul acestora.

Lățimile minime rezultă din execuția manuală a săpăturii.

Calculul fundațiilor dezvoltate simetric se efectuează pe un tronson de 1 m din lungimea fundației.

Dimensionarea fundației are în vedere următoarele condiții:

$$p_{ef} = \frac{N + G_f}{A_c} \leq p_{tr}$$

unde: p_{ef} este presiunea efectivă la nivelul tălpii de fundație;

N – forța axială la baza stâlpului;

G_f – greutatea proprie a fundației și a pământului de deasupra ei (G_f = 0,1-0,5N).

Suprafața de contact a fundației cu terenul se calculează cu relația:

$$A = \frac{N + G_f}{p_{tr}}$$

Dimensiunile suprafețelor de contact pentru solicitări excentrice pe o direcție se calculează după cum urmează.

Se pornește de la distribuția presiunilor efective:

$$P_{1/2} = \frac{1,1N}{A_c}\left(1 \pm \frac{6e}{L}\right)$$

unde: N este forța axială la baza stâlpului;

A_c –suprafața de contact;

e – excentricitatea în direcția solicitării momentului;

L – dimensiunea fundației ce se supune momentului.

$$p_m = \frac{N + G_f}{A_c} \leq p_{tr}$$

unde: N este forța axială la baza stâlpului;

G_f = 0,1-0,15N;

p_{tr} – capacitate portantă de calcul a terenului.

Presiunile efective trebuie să satisfacă relațiile:

$$p_1 \leq \alpha \cdot p_{tr}$$

$$p_2 > 0$$

Dimensiunile fundației, B și L, rezultă din următoarea condiție:

$$B^3 - \frac{1{,}1NB}{n\alpha p_{tr}} - \frac{6M_b}{n^2 \cdot \alpha p_{tr}} = 0$$

în care: B este lățimea fundației;

N – forța axială la baza stâlpului;

M_b – momentul încovoietor la baza stâlpului;

$$n = \frac{L}{B} = 1{,}1\text{-}1{,}3.$$

Determinarea dimensiunilor suprafeței de contact pentru solicitări excentrice după două direcții se face astfel:

$$p_{1/2/3/4} = \frac{N + G_f}{A_c} \pm \frac{M_{cx}}{W_x} \pm \frac{M_{cy}}{W_y}$$

Condițiile pentru aceste presiuni sunt:

$$p_1 = p_{max} \leq \alpha\, p_{tr}$$

$$p_4 = p_{min} > 0$$

$$p_0 = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4}{4} < p_{tr}$$

După calculul dimensiunilor L și B se determină unghiul α.

Pentru ca în blocul de fundație din beton simplu eforturile de întindere să nu depășească o anumită limită și fundația să lucreze cu efect rigid, este necesare ca:

$$\operatorname{tg} \alpha > \operatorname{tg} \alpha_{min.}$$

Valoarea α fiind definită, se trece la completarea formei blocului de fundație:

– pentru 40 cm $\leq H <$ 60 cm, blocul va avea o singură treaptă;

– pentru $H >$ 60 cm, blocul de fundație va avea 2-3 trepte.

Când sarcinile N sunt mari, iar caracteristicile terenului sunt scăzute p_{tr}, rezultă A_b foarte mare. Din condiția de rigiditate a fundației este necesară

adâncirea acesteia şi deci creşterea greutăţii proprii a fundaţiei. În aceste condiţii, este posibil a fi depăşită capacitatea portantă a terenului.

Fundaţia rigidă are lăţimea maximă limită dată de relaţia:

$$L_{max} = \sqrt[3]{\frac{4N}{\gamma_m \cdot tg\alpha_{min}}}$$

în care: γ_m este greutatea volumetrică a betonului şi pământului aflate deasupra fundaţiei; $\gamma_m = 2000$ daN/m^3.

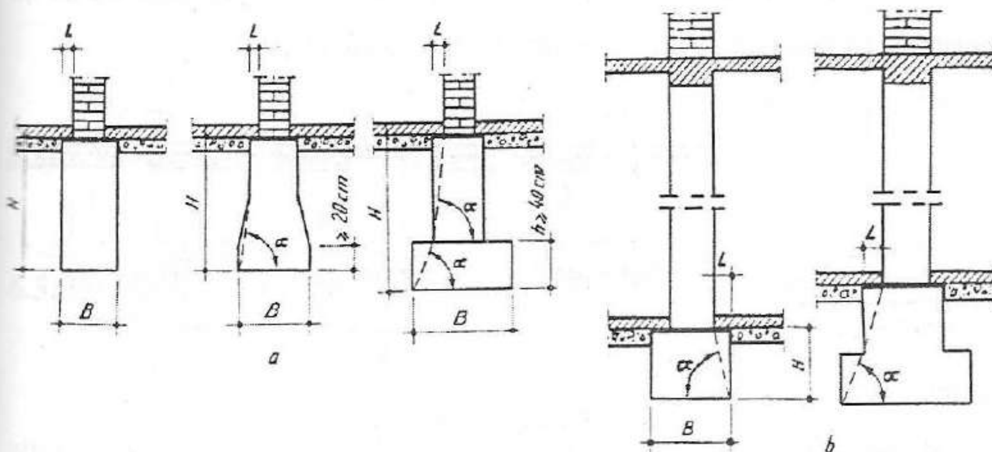


Fig. 6.3. Fundaţii continue rigide:
a – la clădiri fără subsol; *b* – la clădiri cu subsol.

Aceste tipuri de fundaţii lucrează, în special, la eforturi de compresiune. Treptele fundaţiei trebuie să aibă cel puţin 40 cm înălţime, iar tangenta unghiului α, format de înălţimea treptelor şi lăţimea lor, trebuie să satisfacă cerinţele din tabelul 6.1, în funcţie de presiunea sub talpa fundaţiei şi de marca betonului utilizat.

Verificarea presiunilor pe teren se face admiţând o distribuţie liniară. În cazul solicitărilor excentrice, fundaţia se va dimensiona astfel încât rezultanta tuturor forţelor *R* să nu depăşească treimea mijlocie a tălpii, astfel ca fundaţia să transmită presiunile pe toată lăţimea ei.

Tabelul 6.1

Valorile minime ale lui tgα

Presiunea maximă pe teren [daN/m²]	Valorile minime ale tgα pentru beton de marca:		
	C28/3,5	C6/7,5	C8/10
$p \leq 2$	1,3	1,1	1,0
$p = 3$	1,6	1,3	1,1
$p = 4$	1,8	1,5	1,3
$p = 6$	–	1,8	1,6

Dacă rezultă o lățime a fundației mai mare, atunci fundația rigidă nu poate fi realizată și se impune un alt tip de fundație elastică.

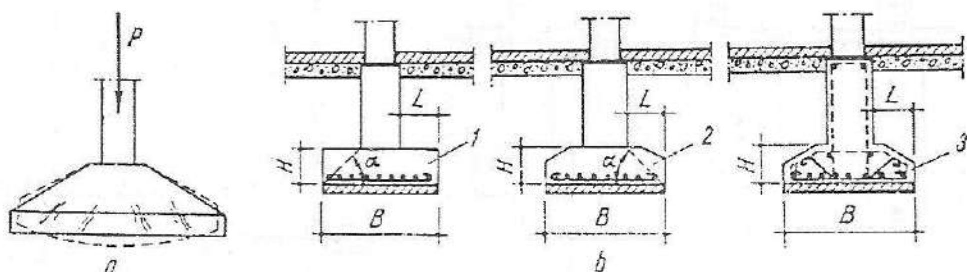


Fig. 6.4. Fundații continue elastice:
a – cedarea fundației prin solicitare la încovoiere transversală; *b* – tipuri de fundații continue elastice; *1* – fundație elastică de formă prismatică; *2* – fundație continuă elastică cu muchii teșite; *3* – fundație continuă elastică sub formă de obelisc.

La fundații cu presiuni mari pe teren (peste 3 daN/cm²), blocul din beton simplu se verifică la compresiune locală (strivire) sub cuzinetul din beton armat cu relația:

$$p_l \leq K_c \cdot R_c$$

în care: p_l este presiunea maximă pe suprafața de contact a cuzinetului din beton;

K_c – coeficient în funcție de A_b / A_c, dat de relația $K_c = \sqrt[3]{A_b / A_c} \leq 2$;

R_c – rezistența la compresiune a betonului;

A_b – suprafața primei trepte a fundației;

A_c – suprafața cuzinetului.

Armarea cuzinetului se realizează la partea inferioară, calculându-se momentele după cele două direcții M_x, M_y. Când aria de armătură necesară este mai mică decât cea rezultată din procentul minim de armare se va considera $p = 0{,}05$ %.

Ancorarea cuzinetului de fundație se realizează în cazul în care forța axială N acționează pe cuzinet cu o excentricitate ce depășește limita sâmburelui central.

În cazul zonei active este necesar ca:

$$A_{activ} \geq 70\% \ (b_c \cdot l_c)$$

În acest caz, volumul presiunilor de întindere rezultat va fi preluat de armăturile ancorate în beton.

6.5. Fundații izolate elastice

Fundațiile izolate elastice pentru stâlpi armați monolit se proiectează atunci când nu se pot realiza fundații rigide. Se recomandă la stâlpi cu încărcări foarte mari sau la terenuri compresibile.

Fundațiile izolate elastice sunt:

- centrice față de stâlp;
- excentrice în raport cu stâlpul;
- dezvoltate numai pe o parte.

Dimensiunile în plan ale cuzinetului trebuie să satisfacă următoarele condiții:

$$l_c = L - 2H \operatorname{tg}\alpha; \qquad b_c = B - 2H \operatorname{tg}\alpha,$$

$$\frac{l_c}{L} = \frac{b_c}{B} = 0{,}55\text{-}0{,}65 \text{ (bloc cu o singură treaptă);}$$

$$\frac{l_c}{L_c} = \frac{b_c}{B} = 0{,}4\text{-}0{,}5 \text{ (pentru 2-3 trepte).}$$

Înălțimea cuzinetului se stabilește astfel ca să fie respectate condițiile:

$$h_c \geq 30 \text{ cm}; \quad \frac{h_c}{b_c} \geq 25 \text{ cm}$$

Verificarea la strivire a suprafeței de contact a cuzinetului cu blocul din beton la fundații cu presiuni mai mari de 3 daN/cm^2 se realizează cu relația:

$$p_1 \leq K_c \cdot R_c; \quad K_c = \sqrt[3]{\frac{A_b}{A_c}} \leq 2$$

Armătura de rezistență se dimensionează pe baza momentelor încovoietoare calculate în funcție de presiunile repartizate pe talpa fundației (fig. 6.5).

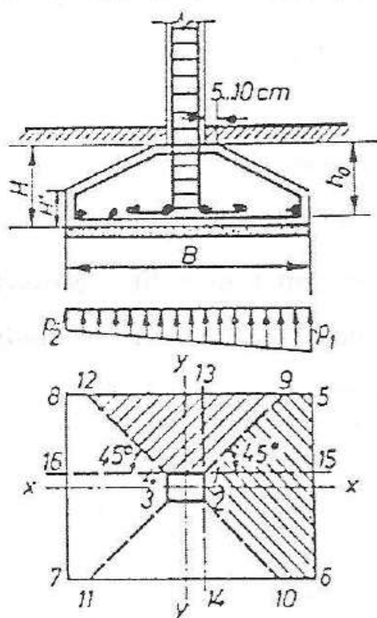


Fig. 6.5. Fundație izolată elastică, sub formă de obelisc.

Fundațiile stâlpilor din beton armat prefabricați pot fi și sub forma unui pahar (fig. 6.6).

Încastrarea stâlpului în fundație, în situația precizată, se realizează prin așezarea și împănarea stâlpului în golul paharului, utilizându-se beton de marca C18 / 22,5 cu agregate având dimensiunea maximă de 16 mm.

Grosimea fundului paharului se recomandă a fi de *min.* 25 cm.

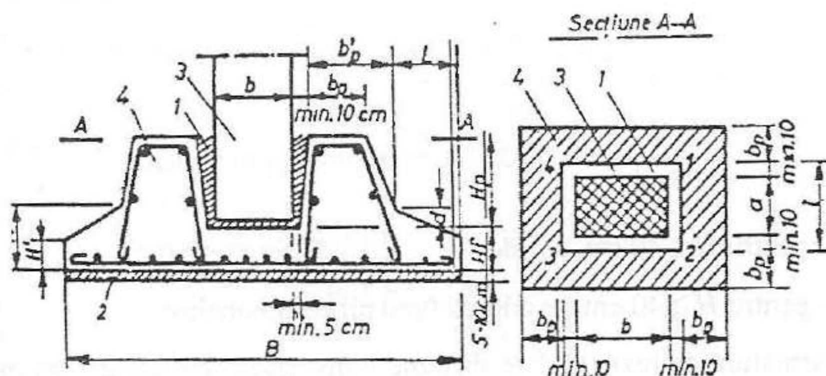


Fig. 6.6. Fundație izolată elastică tip pahar pentru stâlpi prefabricați:
1 – beton de monolitizare; *2*– beton de egalizare; *3* – stâlp; *4* – perete pahar.

6.6. Fundații continue elastice, sub ziduri și diafragme

Se utilizează la încărcări mari transmise de structură și la tasări neuniforme ale terenului de fundare.

Fundațiile continue sub stâlpi pot fi:

– grinzi sub șiruri de stâlpi, după o direcție;

– grinzi dispuse după două direcții.

Aceste fundații se realizează din beton armat pe un strat de egalizare. Calculul fundațiilor elastice se efectuează/un metru liniar.

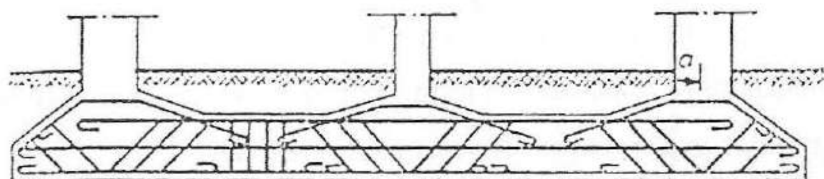


Fig. 6.7. Armarea fundației continue sub stâlpi.

Datele constructive sunt:

$$b_f = b_z + 2\,a_0; \quad a_0 = 5\text{-}10 \text{ cm};$$

$$\frac{H}{B} = 0{,}25\text{-}0{,}30 \text{ pentru fundații centrice;}$$

$$\frac{H}{2B-b_z} = 0{,}25\text{-}0{,}30 \text{ pentru fundații excentrice;}$$

– pentru $H \leq 40$ cm, se adoptă fundații de tip prismatic;

– pentru $H \geq 40$ cm, se adoptă fundații de tip obelisc.

Armătura de rezistență se dispune transversal, la *max.* 25 cm interax, adoptându-se $\varnothing_{min.}$ = 10 mm pentru OB37 și 8 mm pentru PC 52.

Procentul minim de armare este de 0,05%.

La partea superioară a fundației elastice se prevede armătură constructiv, ∅ 12/50 cm, iar în sens longitudinal, 10% din A_{fx}.

În dreptul golurilor de fundare secțiunea se verifică la forță tăietoare:

$$T \leq A_f \cdot R_t$$

unde: A_f este secțiunea supusă forfecării;

R_t – rezistența de calcul a betonului la întindere;

$T = p_{ef} \cdot B\left(L_u - \dfrac{2h}{\mathrm{tg}\alpha}\right)$ pentru forțe orizontale mici;

$T = 3T_{max}$ – pentru forțe orizontale mari;

T_{max} – forța tăietoare din buiandrugul cel mai solid;

$$L_u = \frac{2H}{\mathrm{tg}\alpha}.$$

Fundațiile se calculează ca niște grinzi întoarse continue, rezemate pe stâlpi și acționate de jos în sus de reacțiunile terenului.

Etapele de calcul sunt:

– se determină lungimea totală L_t a grinzii de fundare;

– se determină solicitările la baza fiecărui stâlp: forțe axiale și momente încovoietoare. Se reduc la un punct 0, situat la mijlocul grinzii;

– se determină presiunea pe teren:

$$p_{1/2} = \frac{N}{B \cdot L}\left(1 \pm \frac{6e}{L_t}\right)$$

$$p_{1\,max.} \leq \alpha\, p_{tr}; \quad p_{2\,min.} > 0$$

$$p_m = \frac{p_1 + p_2}{2} = \frac{N_i}{B \cdot L_i} \leq p_{tr}$$

Momentele încovoietoare din câmp și pe reazeme ale grinzii continue determină armarea longitudinală a tălpii. O variantă a fundațiilor continue sub stâlpi o constituie fundațiile pe tălpi încrucișate, rezultată din dispunerea tălpilor pe două direcții (fig. 6.9; 6.10.).

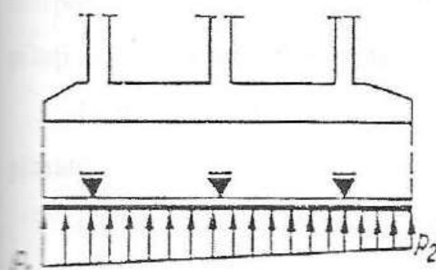


Fig. 6.8. Schema pentru calculul fundației continue sub stâlpi.

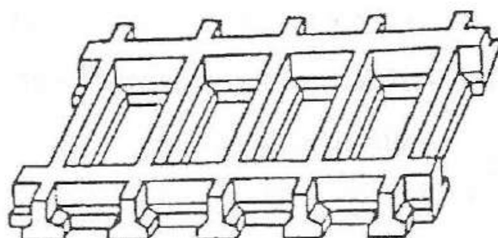


Fig. 6.9. Fundație pe tălpi încrucișate.

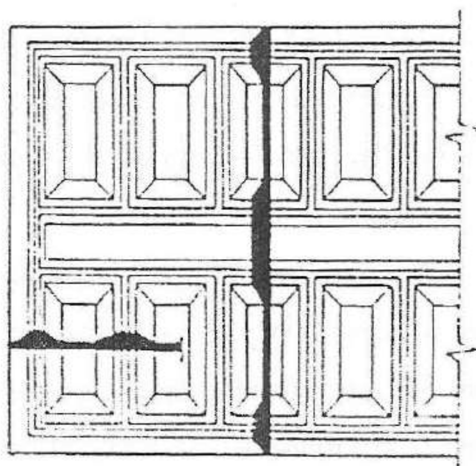


Fig. 6.10. Radier cu placă dreaptă.

6.7. Fundații pe radiere

Se utilizează la clădiri cu mai multe nivele și în cazul terenului cu o capacitate redusă, neomogen și cu tasări diferențiate.

Ca formă, radierul este un planșeu întors cu placa pe teren, fiind acționat de sus în jos de încărcările date de structură, prin elementele sale de rezistență, stâlpi, diafragme, zidărie portantă, iar de jos în sus, de reacțiunea terenului.

Radierele pot fi de greutate și de rezistență.

Radierele de greutate se folosesc la construcții cu subsol sub nivelul apei subterane, pentru a realiza cuve închise.

Radierele de rezistență se pot grupa în:

– radiere pentru structuri cu pereți portanți și diafragme;

– radiere pentru structuri și cadre;

– alte tipuri de radiere.

6.8. Interacțiunea teren-infrastructură

Comportarea unei construcții în timpul unui cutremur este influențată de interacțiunea dintre aceasta și terenul de fundare.

Fenomenul de interacțiune este complex în timpul unui cutremur, fiind puse în interacțiune 2-3 corpuri cu proprietăți diferite: structură, fundație, teren de fundație.

În timpul mișcării seismice în plan, deformabilitatea terenului de fundație imprimă construcției o mișcare în jurul centrului instantaneu de rotație, care se descompune în: mișcare de translație verticală, mișcare de translație orizontală, mișcare de rotație în jurul unui ax orizontal.

Diferența răspunsului seismic al unei structuri amplasate pe teren deformabil în comparație cu o structură amplasată pe teren rigid se datorează:

– modificării perioadelor proprii de vibrație în fundație de către factorii menționați;

– disipării unei părți din energia seismică prin amortizare histeretică și prin radiația undelor seismice ale terenului de fundare (la teren rigid, ultima este neglijabilă).

Importanța naturii subsolului pentru răspunsul seismic al structurilor a fost constatată de multă vreme, dar înțelegerea principalilor factori s-a dezvoltat abia după cutremurele severe din ultimele decenii.

La cutremurul din Niigata (1964), construcțiile amplasate pe terenuri nisipoase s-au înclinat și răsturnat, în schimb, construcțiile amplasate pe piloți s-au tasat minor.

La cutremurul din Jamaica (1962) s-a distrus majoritatea clădirilor amplasate pe terenuri aluvionare.

Cutremurul din Mexico-City (1957) a produs avarii mari la construcțiile amplasate pe terenuri moi.

Studiile și măsurătorile efectuate privind variația mișcării seismice în adâncimea straturilor au condus la concluzia că valoarea accelerației maxime a straturilor componente diferă pe înălțime, ilustrând fenomenul de amplificare a parametrilor cinematici spre suprafață.

Amplitudinea orizontală maximă a fundației este mai mică decât în terenul liber, iar diferența devine mai mare când lungimea de undă este mai mică.

Forțele tăietoare maxime de la baza construcțiilor identice, amplasate pe terenuri diferite, variază în limite deosebit de mari.

Odată cu creșterea deformabilității terenului de fundare cresc perioadele fundamentale ale structurilor. Studiile efectuate au subliniat importanța

relației dintre perioadele proprii de vibrație ale structurii și perioada proprie de vibrație a terenului, în vederea evitării fenomenului de rezonanță.

Astfel, din 1921, savantul japonez Mononobe a stabilit valoarea coeficientului dinamic β ca raportul:

$$\beta = \frac{1}{1 - \frac{T^2}{T_c^2}}$$

în care: T este perioadă proprie structură;

T_c – perioadă predominantă teren fundare.

Proiectantul trebuie să aleagă tipul de infrastructură și de fundație care să asigure o comportare controlată a suprastructurii.

Suprastructura este elastică atunci când capacitatea de rezistență a clădirii la seism este suficient de mare.

a. Infrastructuri elastice – corespund situației în care la niciun element din suprastructură și infrastructură nu se admit deformații plastice.

Este cazul clădirilor joase, cu dimensiuni mari în plan.

b. Infrastructuri ductile – corespund situației în care capacitatea de rezistență a suprastructurii este mai mare decât cea corespunzătoare cutremurului de proiectare. Inginerul poate limita, prin intermediul infrastructurii, valorile maxime ale forțelor seismice pe care le poate prelua sistemul structural. În acest caz, infrastructura este cea care va disipa energie în timpul comportării inelastice a structurii. Înainte de a accepta o asemenea situație, trebuie cântărite implicațiile pe care le au degradările produse în infrastructură, modul posibil de consolidare. În timpul cutremurului se concentrează asupra pereților structurali momente mari de răsturnare și forțe orizontale mari, care trebuie preluate de piloți.

În situația infrastructurilor ductile, piloții preiau și disipează energia, în timp ce suprastructura rămâne elastică. Piloții supuși compresiunii vor trebui să aibă armătura confinată puternic, iar piloții supuși întinderii vor disipa energia prin curgerea armăturii longitudinale.

Deformația pilotului în pământ este influențată de comportarea dinamică la acțiuni seismice a suprastructurii și de comportarea cinematică a terenului. Solicitările rezultate în pilot pot deforma pilotul, mai cu seamă când acesta străbate straturi cu rigiditate variabilă.

Capul superior trebuie armat ca o zonă plastic potențială.

În zonele plastic potențiale se prevăd armături transversale pentru preluarea forțelor tăietoare și pentru confinarea betonului. Înălțimea armăturii transversale îndesită trebuie să fie pe cel puțin 1-3 ori secțiunea maximă a pilotului.

c. *Fundații cu zonă activă (cu dezlipire de teren)* – sunt fundații care transmit terenului momente încovoietoare puternice. În aceste situații trebuie avut în vedere ca fundațiile să nu se degradeze și să nu se răstoarne construcția. La astfel de fundații, dimensionarea lor se face în domeniul elastic.

6.9. Subsoluri la clădiri civile

6.9.1. Elemente de alcătuire

Subsolul este spațiul funcțional al unei clădiri situat parțial sau total sub cota terenului amenajat.

Problemele pe care le ridică execuția unui subsol sunt:

– iluminatul;

– ventilarea;

– izolarea hidrofugă.

Aceste elemente sporesc costul unei construcţii cu 5-6%.

În zonele cu grad seismic ridicat, construcţiile cu regim mare de înălţime trebuie încastrate în teren cu $\frac{1}{10}$-$\frac{1}{8}H$, astfel încât realizarea subsolurilor devine absolut necesară.

Iluminatul subsolului se realizează prin două metode:

– ridicarea pardoselii cotei ± 0,00 şi prevederea unor ferestre la *min.* 30 cm deasupra trotuarului (fig. 6.11);

– prevederea curţilor de lumină (fig. 6.12).

Utilizând această ultimă variantă, se impune rezolvarea aspectelor privind colectarea şi îndepărtarea apelor din precipitaţii, asigurarea stabilităţii taluzului, asigurarea circulaţiei pietonale pe trotuare, cu parapete şi balustrade.

La clădiri amplasate pe terenuri sensibile la umezire (loessoide) nu este permisă realizarea curţilor de lumină.

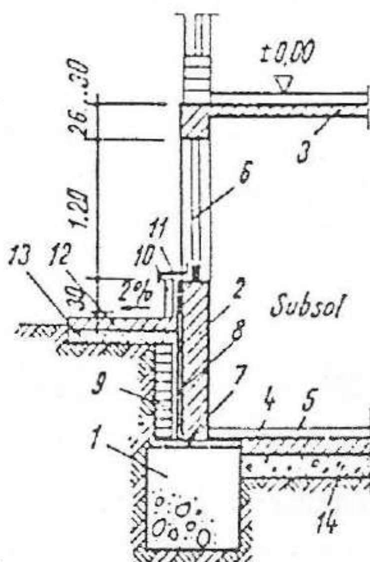


Fig. 6.11. Iluminarea directă a subsolului prin ferestre:
1 – fundaţie; *2* – perete subsol; *3* – planşeu peste subsol; *4* – placa-suport a subsolului; *5* – pardoseala subsolului; *6* – fereastră; *7* – izolaţie hidrofugă rigidă. orizontală; *8* – izolaţie hidrofugă bituminoasă verticală; *9* – zidărie de protecţie a izolaţiei hidrofuge verticale; *10* – tencuială hidrofugă; *11* – şorţ din tablă; *12* – trotuar; *13* – pat de nisip; *14* – balast pentru ruperea capilarităţii.

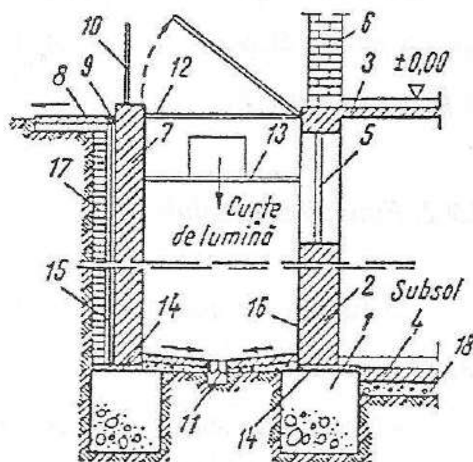
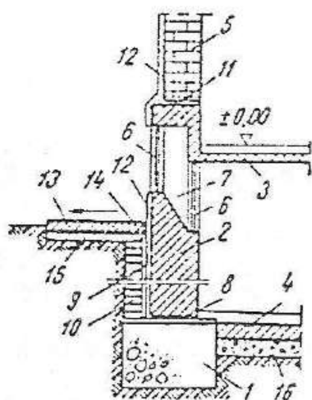
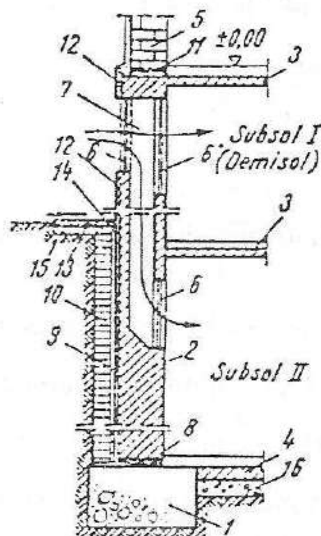


Fig. 6.12. Curte de lumină:
1 – fundaţie; 2 – perete subsol; 3 – planşeu peste subsol; 4 – placă – suport a pardoselii subsolului; 5 – fereastră; 6 – perete parter; 7 – zid de sprijin; 8 – trotuar; 9 – dop de bitum; 10 – parapet; 11 – canalizare ape pluviale; 12 – acoperire circulabilă (necirculabilă) a curţii de lumină; 13 – ascensor pentru materiale (marfă); 14 – izolaţie hidrofugă bituminoasă orizontală; 15 – izolaţie hidrofugă bituminoasă verticală; 16 – tencuială hidrofugă; 17 – zidărie de protecţie a izolaţiei hidrofuge verticale; 18 – strat de balast pentru ruperea capilarităţii.





a b

Fig. 6.13. Iluminarea indirectă a subsolurilor:
a – în cazul unui singur subsol; *b* – în cazul a două subsoluri; *1* – fundaţie; *2* – perete subsol; *3* – planşeu peste subsol I sau II; *4* – placa-suport a pardoselii subsolului; *5* – perete parter; *6* – fereastră; *7* – gol în peretele subsolului; *8* – izolaţie hidrofugă orizontală; *9* – izolaţie hidrofugă bituminoasă verticală; *10* – zidărie de protecţie a izolaţiei hidrofuge verticale; *11* – izolaţie hidrofugă orizontală, bituminoasă; *12* – tencuială hdirofugă; *13* – trotuar; *14* – dop de bitum; *15* – pat de nisip; *16* – strat de balast pentru ruperea capilarităţii.

Iluminarea şi ventilarea indirectă se pot realiza prin prevederea unor ferestre situate deasupra trotuarului clădirii şi a unor goluri verticale practicate în grosimea peretelui.

6.9.2. Funcţiile subsolului

În funcţie de cerinţele funcţionale ale clădirii, subsolul poate avea următoarele destinaţii:

- amenajarea anexelor gospodăreşti;
- spaţiu de depozitare;
- amenajare puncte termice;
- tehnic;
- garaje etc.

6.9.3. Soluţii constructive pentru subsoluri

Pereţii subsolurilor se pot executa din zidărie de cărămidă în grosime de minimum 37,5 cm, din beton armat clasa C10/12, în grosime de 25-30 cm sau din zidărie mixtă. Nu se vor folosi la execuţia zidăriei cărămizi cu goluri, blocuri mici cu agregate uşoare, beton celular autoclavizat.

Planşeul peste subsol se execută din beton armat monolit sau din elemente prefabricate. Planşeele din beton armat monolit, împreună cu pereţii subsolurilor, formează o cutie rigidă, având un rol deosebit de important la transmiterea încărcărilor de la elementele structurii de rezistenţă la teren, mai ales în cazul construcţiilor cu grad mare de protecţie antiseismică sau al celor fundate pe terenuri sensibile la umezire sau contractile.

Subsolul poate fi total sau parţial.

O atenție deosebită trebuie acordată protecției termice. Pentru reducere pierderilor de căldură în construcții și pentru îmbunătățirea condițiilor de confort higrotermic la primul nivel, pot fi aplicate diverse soluții constructive (s-au utilizat în țările nordice):

- izolații termice la socluri și sub pardoselile în contact cu terenul de fundație (fig. 6.14);
- subsol construit cu izolație termică continuă, la care se renunță la hidroizolațiile verticale, dar se realizează în jur o umplutură cu teren permeabil (pietriș) și se asigură respirația pereților, ceea ce determină un regim favorabil de umiditate (fig. 6.15).

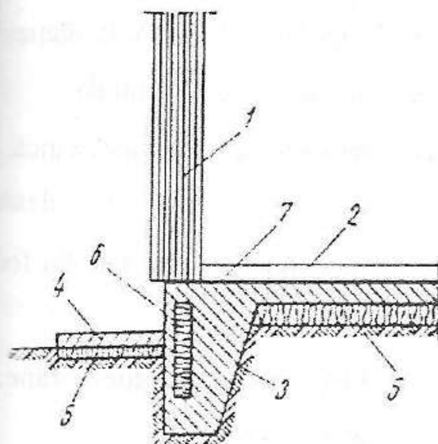


Fig. 6.14. Izolație termică la clădire de locuit cu pereți din panouri ușoare, realizată în Suedia:
1 – perete-cortină; *2* – pardoseală; *3* – fundație și soclu; *4* – trotuar; *5* – izolație termică din pâslă minerală rigidă; *6* – izolație termică din polistiren celular; *7* – izolație hidrofugă.

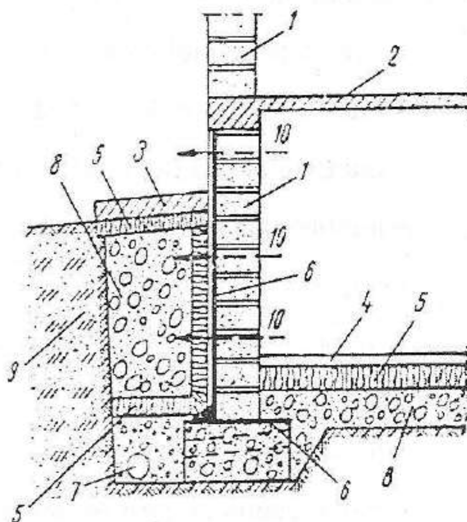


Fig. 6.15. Izolație termică la subsol locuibil:
1 – perete din zidărie de beton celular autoclavizat; *2* – planșeu; *3* – trotuar; *4* – pardoseală; *5* – izolație termică din pâslă minerală rigidă; *6* – izolație hidrofugă; *7* – tub drenant; *8* – pietriș; *9* – teren compactat; *10* – direcție de migrație a vaporilor de apă.

6.9.4. Hidroizolații de fundații și subsoluri

Apa în exces influențează defavorabil comportarea în timp a construcțiilor, cauzând variații de volum, modificări ale caracteristicilor mecanice ale materialelor, reducerea capacității de izolare termică, degradări prin îngheț-dezgheț, coroziune, deformații, putrezire etc. Din această cauză, clădirile se protejează împotriva infiltrațiilor de apă prin lucrări de izolații hidrofuge sau hidroizolații – realizate cu materiale impermeabile.

Hidroizolațiile se clasifică după următoarele criterii:

- sursa de umezire și modul de acțiune a apei;
- materialele utilizate și capacitatea lor de a se adapta deformațiilor infrastructurii, fără a se degrada.

În raport cu primul criteriu, hidroizolațiile pot fi;

– hidroizolații care împiedică absorbția de apă din terenul de fundație;

– hidroizolații care protejează de apele fără presiune hidrostatică;

– hidroizolații care protejează împotriva apelor cu presiune hidrostatică.

În raport cu al doilea criteriu, hidroizolațiile pot fi:

– hidroizolații realizate din beton sau mortar impermeabil sau din foi de oțel sudate, considerate rigide;

– hidroizolații pe bază de produse bituminoase armate, membrane, soluție care prezintă proprietăți optime în exploatare.

Hidroizolațiile la fundații și subsoluri se execută pentru protejarea clădirilor împotriva umidității din teren. Hidroizolațiile, având rol de etanșare, se aplică pe suprafața elementelor de construcție care vin în contact cu umiditatea sau apa din teren.

Proiectarea hidroizolațiilor pentru fundații și subsoluri trebuie să țină seama de tipul infrastructurii adoptate. O atenție deosebită trebuie acordată

cunoașterii caracteristicilor hidrologice ale terenului de fundare, în special cu privire la:

– gradul de saturație cu apă a porilor sau capilarelor;

– sursele de umezire, care pot proveni din pânza freatică, ape meteorice, ape uzate din exfiltrațiile din conducte;

– gradul de permeabilitate la apă a straturilor de teren;

– agresivitatea apelor subterane sau a celor săpate accidental.

Hidroizolațiile utilizate pentru protecția fundațiilor și subsolurilor la acțiunea umidității se clasifică după mai multe criterii.

• *După poziția izolației*, se disting:

– hidroizolații orizontale;

– hidroizolații verticale.

• *După natura materialelor folosite*, se disting:

– bitumuri industriale de tip B,C sau MC, cu adaos de cauciuc;

– masticuri bituminoase obținute prin amestecarea bitumului topit, cu maximum 30% materiale inerte de umplutură;

– carton bituminat impregnat cu filer;

– pânză bituminată;

– împâslitură fibră sticlă bituminată;

– țesătură din fibre de sticlă bituminată;

– emulsii bituminoase;

– hidroizolații metalice;

– hidroizolații mase plastice sub formă de emulsii, soluții, chituri, folii;

– hidroizolații rigide, utilizate curent la lucrările de betoane și mortare pe bază de ciment, la care se adaugă aditivi.

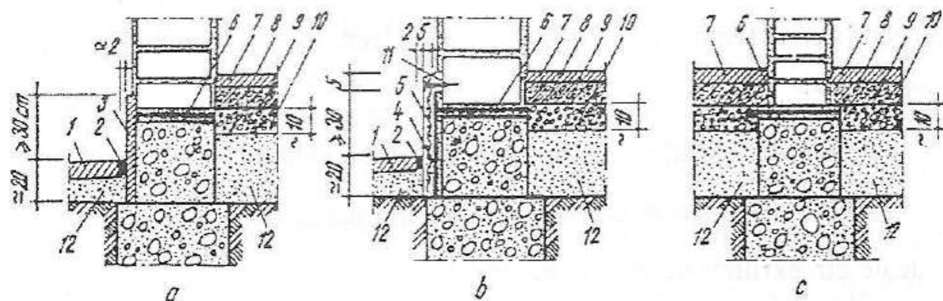


Fig. 6.16. Hidroizolații la clădiri fără subsol:
a; *b* – variante pentru hidroizolarea soclului exterior; *c* – hidroizolarea peretelui interior; *1* – trotuar; *2* – rost umplut cu mastic de bitum; *3* – tencuială impermeabilă la soclu; *4* – hidroizolația verticală a soclului cu materiale bituminoase; *5* – protecția izolației soclului, cu mortar marca 100, armat cu rabiț sau placaj impermeabil; *6* – hidroizolația orizontală a peretelui; *7* – pardoseala; *8* – strat – suport al pardoselii; *9* – strat de separare din hârtie Kraft sau carton; *10* – strat de rupere a capilarității din pietriș; *11* – cârlig de ancorare a hidroizolației; *12* – umplutură.

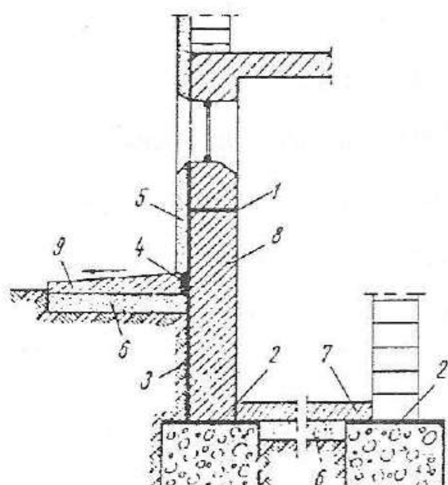


Fig. 6.17. Hidroizolație la clădire cu demisol nelocuit:
1; *2* – hidroizolație orizontală din două straturi de carton bitumat și straturi de mastic de bitum; *3* – hidroizolație verticală cu bitum aplicat prin vopsire; *4* – dop de mastic bituminos; *5* – soclu tencuit; *6* – strat de pietriș pentru ruperea capilarității; *7* – pardoseală; *8* – perete din beton; *9* – trotuar; *NA* – nivelul maxim al apelor subterane.

La proiectarea hidroizolațiilor pentru fundații și subsoluri, se iau în considerare următorii parametri:

– destinația încăperilor amplasate la subsol;

– sursele de umezire, durata, nivelul și modul de acțiune a apei;

– deformabilitatea de ansamblu și locală a sistemului structural;

– caracteristicile terenului de fundare;

– înclinarea suprafeței hidroizolate;

– condiții impuse de procesul tehnologic și de execuție;

– dispunerea unui strat de întrerupere a capilarității sub pardoseala primului nivel, executat din pietriș și, eventual, a unei izolații hidrofuge orizontale;

– realizarea unei izolații hidrofuge verticale din materiale bituminoase, dimensionată în raport cu destinația încăperii, pe întreaga suprafață a peretelui exterior, inclusiv pe soclu.

Importanța hidroizolației (natura și numărul straturilor ce o compun, dacă se continuă sub pardoseală sau nu) depinde de exigențele impuse pentru spațiul util. Astfel, dacă în demisol sunt locuințe, se prevăd două sau trei straturi de carton asfaltat și trei sau patru de mastic bituminos, dispuse continuu sub pardoseli și pereți precum și pe suprafețele exterioare aflate în contact cu pământul.

Straturile verticale de hidroizolare a construcțiilor împiedică umezirea cu apa provenită din exterior, însă nu permit respirația naturală a pereților; din această cauză, vaporii de apă care rezultă din procesul funcțional din cadrul încăperilor nu pot fi eliminați prin pereți, fiind treptat acumulați în elementele de construcție. Singurul proces care se poate opune acestei tendințe este ventilarea naturală sau artificială a încăperilor. Vara, ventilarea naturală nu poate avea loc, deoarece aerul din încăperi este mai rece decât cel exterior, existând chiar condiții favorabile pentru condens. Umezirea crescândă a spațiilor din subsoluri, cauzată de condițiile defavorabile de eliminare a vaporilor de apă prin difuzie și ventilare, creează impresia că există infiltrații din cauza izolației defectuoase.

În situațiile în care pereții subsolurilor sau fundațiilor necesită practicarea unor treceri, aceste puncte se vor trata corespunzător din punct de vedere al etanșeității.

Hidroizolațiile se protejează atât împotriva solicitărilor neuniforme cât și împotriva degradărilor ce intervin în timpul fazelor succesive de execuție a lucrărilor de construcții.

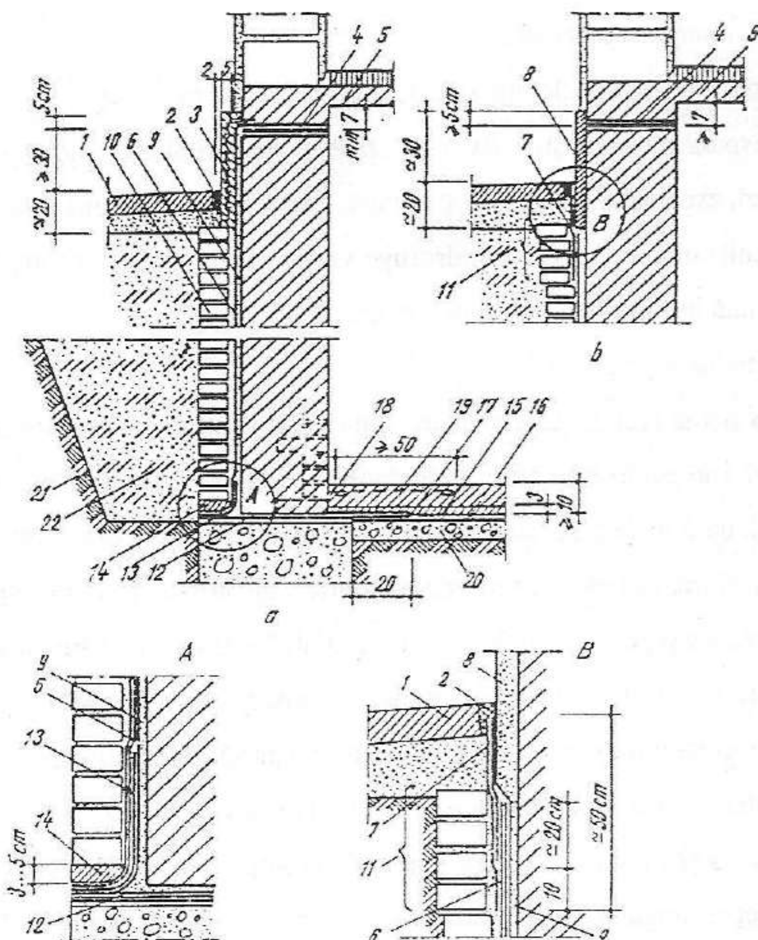


Fig. 6.18. Hidroizolaţie verticală aplicată pe peretele de rezistenţă:
a – soclu izolat cu materiale bituminoase; *b* – soclu izolat cu tencuială impermeabilă;
1 – trotuar; *2* – rost umplut cu mastic; *3* – protecţia hidroizolaţiei soclului cu mortar M100, armat cu plasă de rabiţ; *4* – hidroizolaţie orizontală din două straturi de carton bituminat; *5* – planşeu din beton armat peste subsol; *6* – hidroizolaţie verticală bituminoasă; *7* – carton bituminat de 50 cm lăţime pentru racordarea hidroizolaţiei verticale cu soclul din tencuială impermeabilă; *8* – tencuială impermeabilă la soclu; *9* – strat suport al hidroizolaţiei verticale realizat din mortar M100; *10* – perete de protecţie; *11* – cărămizi care se desfac pentru executarea racordării şi apoi se rezidesc; *12* – hidroizolaţie orizontală bituminoasă; *13* – fâşie suplimentară din carton sau pânză bituminată de 50 cm lăţime pentru întărirea racordării; *14* – mortar pentru protecţia hidroizolaţiei la racordare; *15* – hidroizolaţie orizontală la pardoseala subsolului; *16* – strat suport din mortar M100; *17* – strat de protecţie a hidroizolaţiei realizat din mortar M50; *18* – pardoseală de beton; *19* – armare locală suplimentară a pardoselii peste rostul de margine; *20* – beton de egalizare; *21* – pământ cu permeabilitate mare; *22* – umplutură compactată.

7.

PEREȚI

7.1. Elemente generale

Pereții unei clădiri sunt elemente de suprafață plane, cu rol de închidere și compartimentare.

Pe lângă rolul funcțional de închidere și delimitare a spațiului construit, pereții pot să fie și elemente structurale, ce fac parte din structura de rezistență a clădirii.

Pereții structurali se mai numesc diafragme.

Pereții se clasifică după următoarele criterii:

A. *Din punct de vedere funcțional:*

– pereți exteriori;

– pereți interiori;

B. *Din punct de vedere al rolului lor în ansamblul structurii:*

– pereți portanți;

– pereți neportanți;

– pereți autoportanți.

C. *Din punct de vedere al materialului de realizare:*

– pereți din lemn;

– pereți din zidărie;

– pereți din beton armat monolit;

– pereți prefabricați;

– pereți cu structură din metal.

7.2. Exigențe referitoare la pereții clădirilor

Indiferent de modul de realizare a pereților, aceștia trebuie ca, prin concepție, să fie în măsură să răspundă unei game largi de exigențe de natură tehnică, funcțională și economică. De la o soluție nouă de perete se așteaptă, pe de-o parte, siguranță și durabilitate și, pe de altă parte, un aport cât mai mare la realizarea unei stări de confort.

Exigențele tehnice atașate pereților se referă, în principal, la:

– stabilitate și rezistență structurală;

– siguranță;

– durabilitate.

7.3. Pereți realizați din zidărie

Zidăria reprezintă un element de construcție realizat din pietre dispuse după anumite reguli și legate cu mortar. Pietrele utilizate pentru zidărie pot fi naturale sau artificiale. Uneori, nu se întrebuințează mortarul (zidărie uscată).

7.3.1. Pereți din pietre naturale

În general, pietrele naturale utilizate pentru pereți sunt poroase, în vederea prelucrării și transportării lor mai ușor, a reducerii greutății pereților și a unei izolații termice mai bune.

După forma și dimensiunile pietrelor și după modul lor de așezare în zidăria, se pot realiza următoarele tipuri de zidării: din piatră brută, cioplită, lucrată, din zidărie ciclopiană sau mixtă.

Zidăria din piatră brută este alcătuită din pietre de carieră sau bolovani de râu, de forme neregulate sau cioplite ușor pentru a se putea așeza mai bine în zidărie, îndepărtându-se părțile pământoase, moi sau crăpate.

La pereții de umplutură sau cu încărcări reduse, unde este nevoie de o bună izolare termică, se vor întrebuința pietre cu rezistențe mecanice reduse, dar cu o capacitate de izolare termică mai bună (de exemplu, calcare cochilifere, tufuri calcaroase etc.).

Grosimea pereților va fi în general de cel puțin 60 cm pentru piatra brută spartă neregulat și bolovani de râu și 50 cm pentru piatra brută stratificată.

Se poate utiliza zidărie uscată (fără mortar) pentru unele ziduri de sprijin sau la fundațiile și soclul clădirilor din lemn.

La zidăria cu mortar se recomandă ca cel puțin la fiecare 2 m înălțime să se introducă unul sau două rânduri de pietre regulate (alese) (fig. 7.1,*a*). Se utilizează la fundații, ziduri de sprijin, pereți de subsol etc.

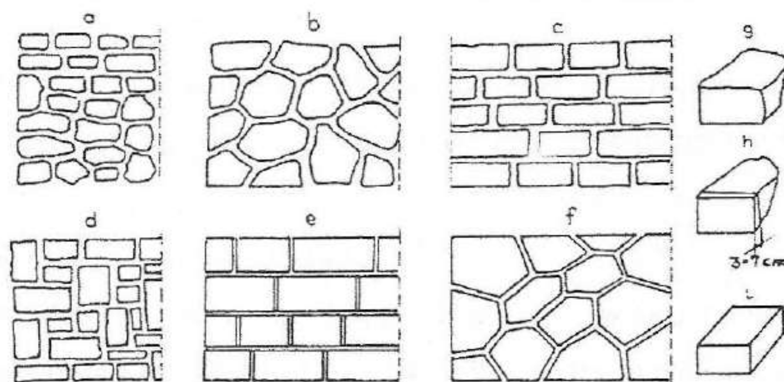


Fig. 7.1. Pereți din piatră naturală (vederi din față):
a – din piatră brută; *b* – din piatră brută poligonală (*opus incertum*); *c, d* – din piatră cioplită cu rosturi orizontale (*c*) și zidărie modernă (*d*); *e* – din moloane; *f* – din piatră-mozaic; *g* – piatră cioplită; *h* – molon; *i* – piatră de talie.

Zidăria din piatră brută poligonală (*opus incertum*) se execută numai cu pietre de carieră (fig. 7.1,*b*). Fața văzută a pietrelor este de formă poligonală. Se recomandă ca pietrele să fie astfel așezate astfel încât într-un punct să nu se întâlnească mai mult de trei rosturi.

Zidăria din piatră cioplită este formată din pietre de carieră, la care fața văzută are forma dreptunghiulară, fiind cioplită grosier, cu muchiile cât mai regulate (fig. 7.1,*c*, *d* și *f*).

Zidăria din piatră lucrată se execută din pietre de carieră cu fețele prelucrate regulat (fig. 7.1,*c* și *f*).

După modul de prelucrare există moloane (fig. 7.1,*h*), piatră-mozaic și piatră de talie (fig. 7.1,*i*). Moloanele și piatra-mozaic se prelucrează pe fața văzută și 3-7 cm în adâncime, iar piatra de talie se prelucrează complet, pe cel puțin patru fețe.

Toate tipurile de zidării din piatră naturală se realizează cu rosturile verticale țesute, adică rosturile verticale nu sunt continue pe înălțimea zidăriei.

7.3.2. Pereți din pietre artificiale

Pietrele artificiale se realizează din argilă arsă (cărămizi și blocuri ceramice), beton cu agregate ușoare (blocuri mici, cu goluri verticale) sau din BCA (blocuri și plăci).

Pereții din zidărie din pietre artificiale prezintă unele avantaje, cum sunt: nu necesită cofraje și utilaje de capacitate ridicată, au un consum redus de oțel, capacitate de izolare termică bună (mai ales în cazul blocurilor și plăcilor din BCA); în schimb, prezintă dezavantajul unui consum ridicat de manoperă, o capacitate portantă mai redusă în comparație cu alte tipuri de pereți și o comportare mai slabă la acțiuni seismice.

La realizarea zidăriei trebuie respectate următoarele reguli:

– rosturile orizontale să fie plane şi cu grosimea constantă (considerată de 12 mm);

– rosturile verticale (considerate cu grosimea de 10 mm) trebuie să fie ţesute (în mod obişnuit, la un rând), adică unui rost vertical dintr-un rând curent să-i corespundă un plin în rândul următor. În felul acesta se evită formarea stâlpişorilor independenţi şi se asigură conlucrarea pietrelor, peretele fiind considerat, în calcule, în mod simplificat, ca un element omogen.

După modul de realizare, pereţii din zidărie pot fi: din zidărie simplă, zidărie armată, zidărie confinată şi zidărie confinată şi armată.

Pereţii din zidărie simplă se realizează cu un singur tip de pietre, grosimea necesară fiind în funcţie de rolul pereţilor. Astfel, în cazul pereţilor portanţi, grosimea trebuie să asigure rezemarea planşeelor, rezistenţa şi stabilitatea pereţilor, izolarea fonică, respectiv izolarea termică, în cazul pereţilor exterior. Pentru un perete portant interior, în figura 7.2 se prezintă modul de determinare a grosimii necesare, din condiţia de rezemare a panourilor (sau fâşiilor prefabricate) de planşeu:

$$d = 2a + r$$

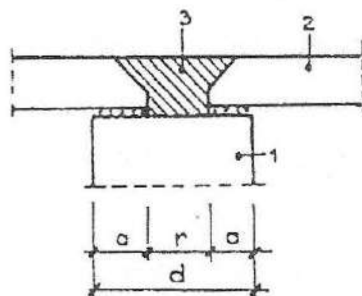


Fig. 7.2. Rezemarea fâşiilor de planşeu pe pereţi din zidărie: *1* – perete; *2* – fâşie; *3* – rost monolitizat.

Pereţii din zidărie se concep a fi realizaţi din zidărie simplă sau zidărie întărită cu sâmburi şi centuri.

Concepţia pereţilor structurali realizaţi din zidărie este strâns legată de concepţia şi calculul clădirilor cu structură din zidărie, ceea ce impune adoptarea unor măsuri constructive speciale de alcătuire. Grosimea pereţilor

portanţi interiori şi exteriori se determină din condiţii de rezistenţă şi stabilitate. Grosimea minimă a pereţilor portanţi este de 24 cm. Grosimea pereţilor portanţi va trebui să îndeplinească următoarele cerinţe:

- izolarea termică şi evitarea condensului, determinate în funcţie de zona climatică în care se amplasează construcţia;
- izolarea fonică;
- prevenirea incendiilor şi a efectelor determinate de incendii.

În cazul în care grosimea pereţilor determinată din condiţii de rezistenţă şi stabilitate nu satisface cerinţele enumerate mai sus, se poate prevedea fie mărirea grosimii pereţilor, fie adoptarea unor soluţii constructive utilizând materiale cu efecte izolante termic, fonic etc.

Comportarea pereţilor structurali din zidărie, supuşi la acţiunea combinată a sarcinilor gravitaţionale şi orizontale (vânt, seisme), poate fi îmbunătăţită prin înglobarea în zidărie a stâlpişorilor din beton armat, a centurilor din beton armat şi a armăturilor distribuite în rosturile orizontale ale zidăriei pentru asigurarea conlucrării. În acest mod se pot obţine efecte locale sau de ansamblu superioare în ceea ce priveşte capacitatea portantă a structurii – creşterea rezistenţei peretelui, a ductilităţii, a rigidităţii şi a capacităţii sale de disipare a energiei.

Poziţia stâlpişorilor rezultă din calculul de rezistenţă al pereţilor sub acţiunea sarcinilor verticale şi orizontale.

Centurile din beton armat se prevăd în mod obligatoriu în pereţii structurali din zidărie la nivelul fiecărui planşeu. Acestea, prin formă, dimensiuni, suprafaţă, asigură transmiterea directă a sarcinilor gravitaţionale din planşeu şi a forţelor de inerţie la pereţii structurali, preluarea eforturilor de întindere ce apar în pereţii structurali sub acţiunea sarcinilor orizontale seismice. Totodată, prin conlucrarea cu planşeele clădirii, centurile participă la

preluarea eforturilor de întindere sau compresiune ce apar în şaiba orizontală formată din planşeu.

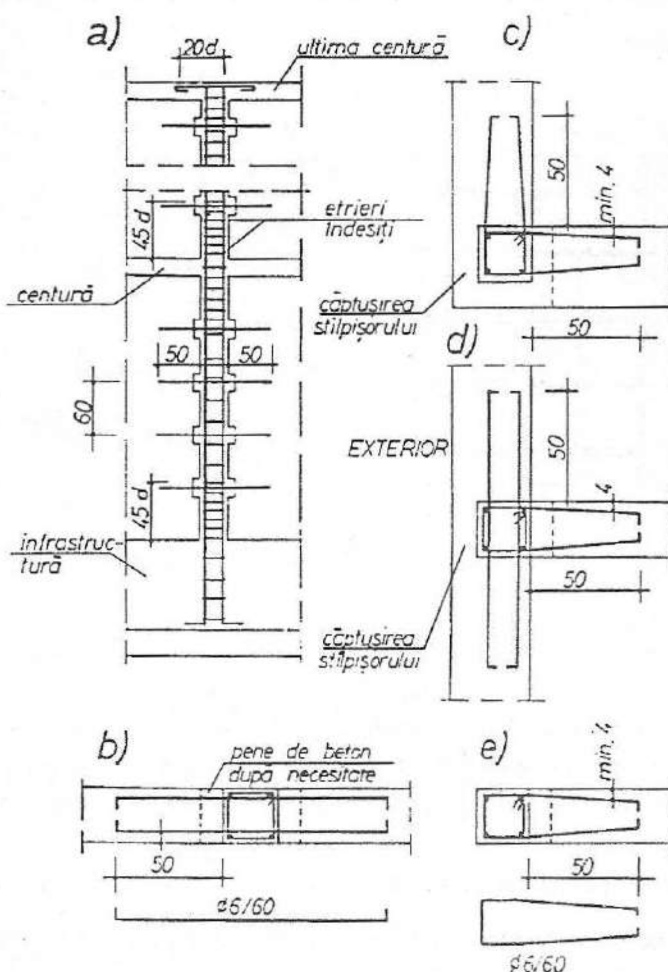


Fig. 7.3. Solidarizarea stâlpişorilor cu zidăria:
a – elevație; *b* – secțiune curentă; *c* – secțiune de colț; *d* – secțiune la ramificație; *e* – secțiune la capete de diafragmă sau lângă goluri.

Concepția pereților nestructurali realizați din zidărie urmăreşte obținerea unor performanțe funcționale ridicate. În general, acestea trebuie să răspundă exigențelor de izolare fonică, termică. O problemă deosebită a pereților nestructurali de zidărie este aceea a rigidizării şi ancorării lor de structura de

rezistență a clădirii. Ancorarea pereților nestructurali interiori se poate realiza prin țesere, prin armături din oțel-beton montate în rosturile orizontale, cu cuie bătute în pereții structurali sau bare de oțel-beton introduse în locașuri speciale.

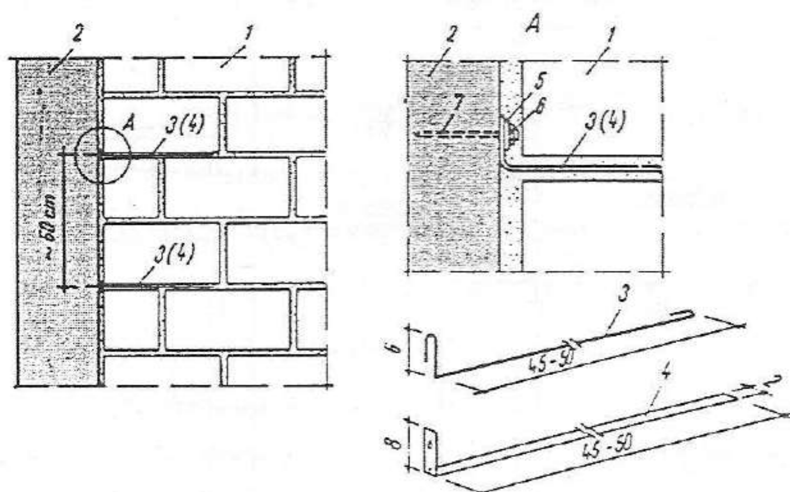


Fig. 7.4. Ancorarea pereților nestructurali din zidărie de pereți sau stâlpi din beton armat:
1 – perete nestructural din zidărie; *2* – perete sau stâlp din beton armat; *3* – mustăți din oțel-beton în rosturi orizontale; *4* – platbande din tablă zincată în rosturi orizontale; *5* – șaibă; *6* – piuliță; *7* – bolț filetat împușcat.

În general, pereții din zidărie de cărămidă, structurali sau nestructurali, se tencuiesc pe ambele fețe, urmând a primi ulterior și un finisaj decorativ. Alegerea tipului de tencuială și, mai ales, a tipului de finisaj, trebuie să țină cont de particularitățile materialului din care se execută stratul suport, precum și de condițiile de umiditate și temperatură în care se va găsi peretele în timpul exploatării.

Pereți de compartimentare mobili. Acești pereți pot fi plianți sau glisanți pe orizontală sau verticală. Pereții glisanți pot schimba foarte ușor spațiul compartimentat, prin glisare pe role amplasate pe pardoseală sau tavan.

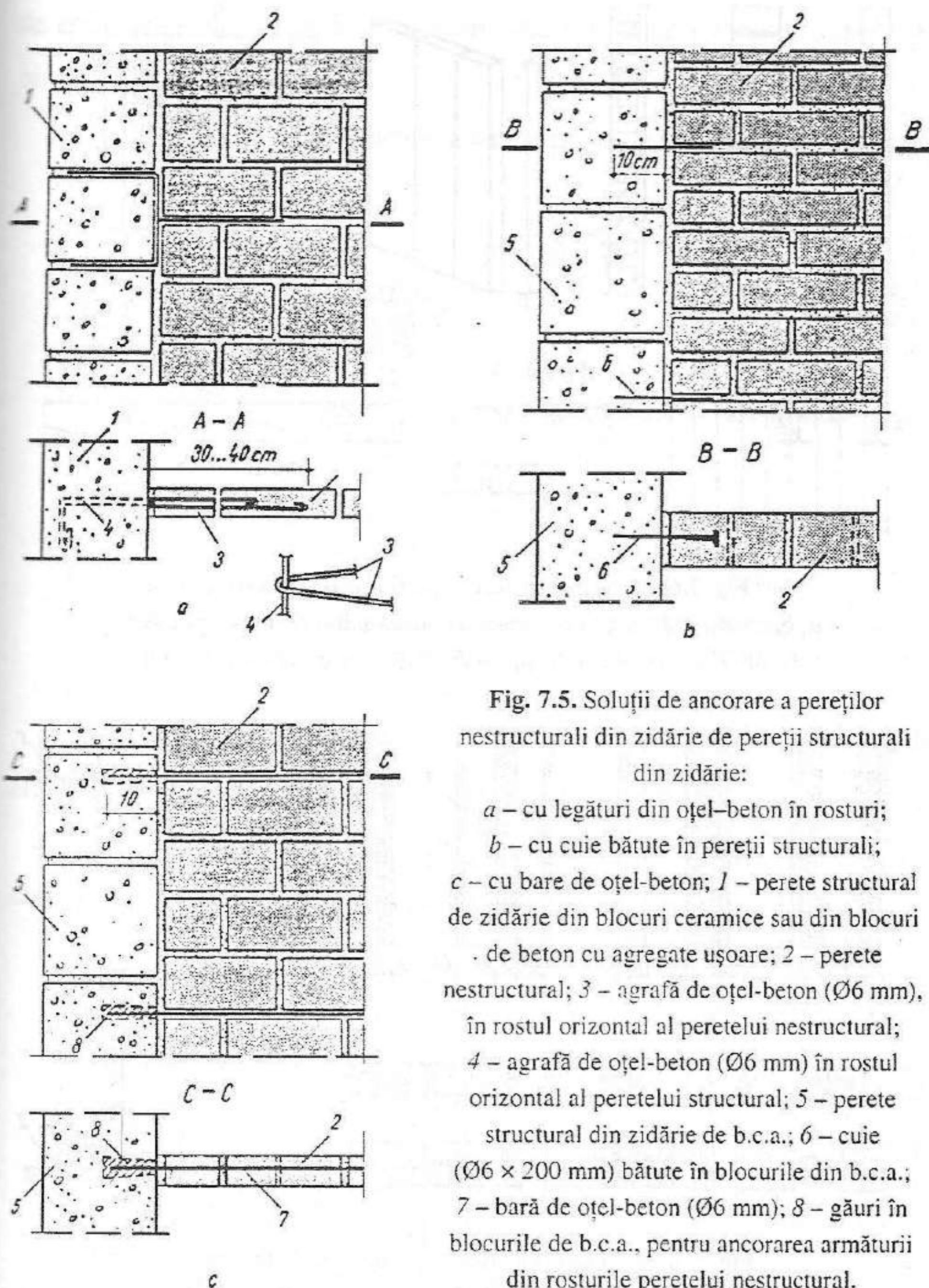


Fig. 7.5. Soluții de ancorare a pereților nestructurali din zidărie de pereții structurali din zidărie:
a – cu legături din oțel–beton în rosturi;
b – cu cuie bătute în pereții structurali;
c – cu bare de oțel-beton; *1* – perete structural de zidărie din blocuri ceramice sau din blocuri de beton cu agregate ușoare; *2* – perete nestructural; *3* – agrafă de oțel-beton (Ø6 mm), în rostul orizontal al peretelui nestructural; *4* – agrafă de oțel-beton (Ø6 mm) în rostul orizontal al peretelui structural; *5* – perete structural din zidărie de b.c.a.; *6* – cuie (Ø6 × 200 mm) bătute în blocurile din b.c.a.; *7* – bară de oțel-beton (Ø6 mm); *8* – găuri în blocurile de b.c.a., pentru ancorarea armăturii din rosturile peretelui nestructural.

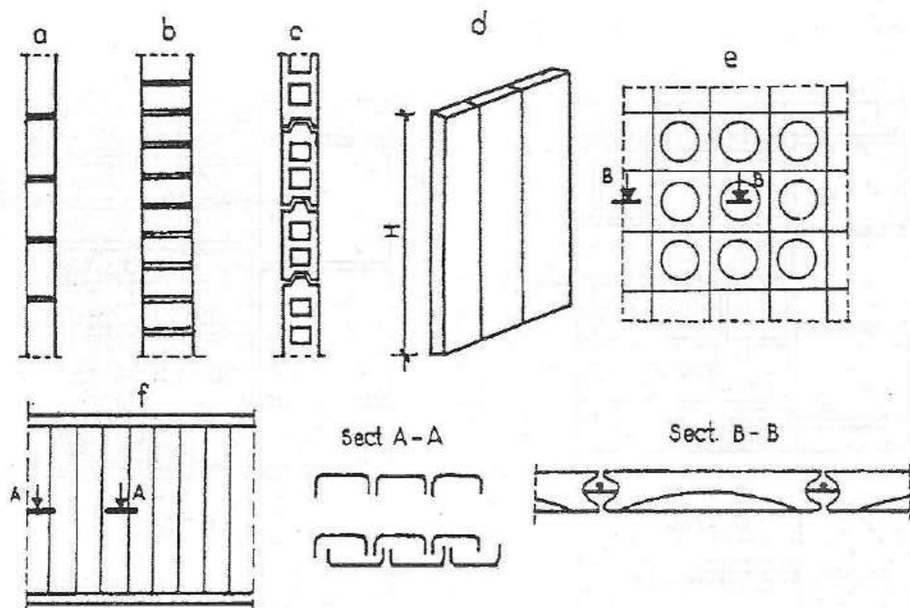


Fig. 7.6. Pereți purtați, de compartimentare interioară:
a, b, c – din zidărie pe cant (muchie), pe lat și din cărămizi speciale;
d – din fâșii dispuse vertical; *e* – din dale de sticlă; *f* – din profilit.

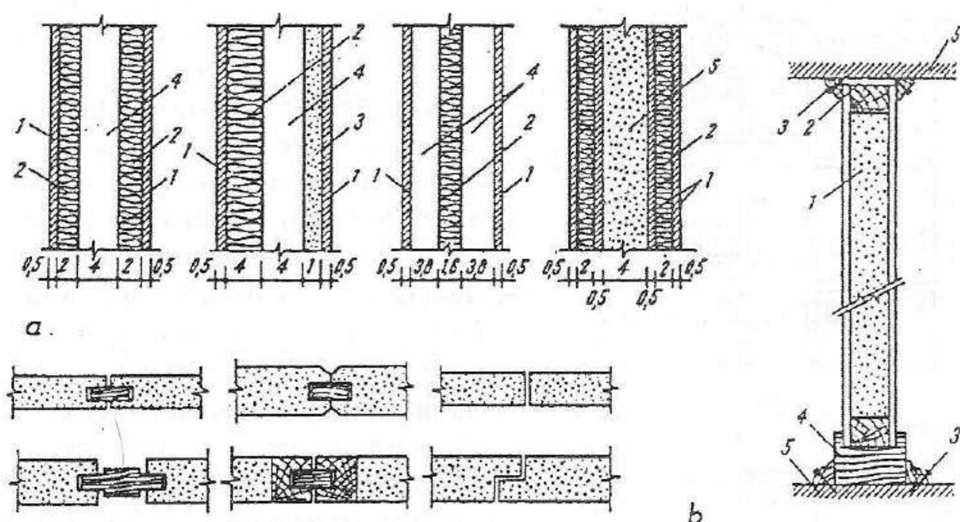


Fig. 7.7. Pereți de compartimentare din lemn ameliorat:
a – detalii de pereți; *1* – PFL dur; *2* – PFL poros: *3* – PAL:
4 – strat de aer; *5* – vată minerală;
b – detalii de îmbinare și fixare: *1* – panou; *2* – șipcă superioară;
3 – șuruburi fixate în dibluri; *4* – șipcă inferioară; *5* – planșeu.

Cel mai răspândit tip de astfel de pereți este reprezentat de cei în formă de armonică, fiind utilizați la transformarea sălilor de spectacole, sportive, a birourilor etc.

În figura 7.8 se prezintă detalii ale unor pereți de compartimentare mobili.

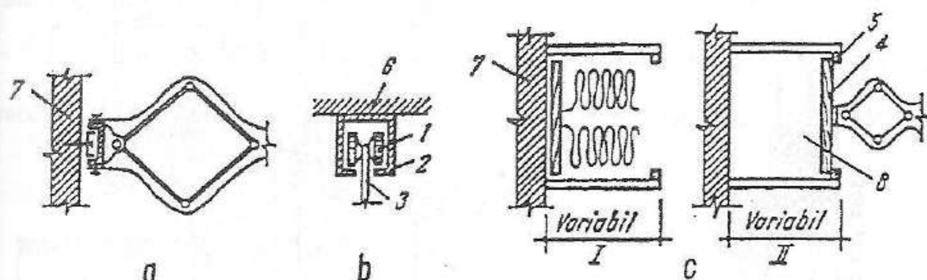


Fig. 7.8. Pereți de compartimentare mobili:
a – perete pliant fixat de perete; *b* – sistem de glisare; *c* – perete pliant cu cutie de strângere; *I* – poziție pliată; *II* – poziție depliată; *1* – role; *2* – cutie metalică suspendată de planșeu; *3* – panou perete; *4* – piesă fixare; *5* – șipcă; *6* – planșeu; *7* – perete (zid); *8* – cutie de strângere.

Pereți purtați exteriori (de închidere). Aceștia se pot realiza din zidărie, din fâșii de BCA sau din panouri mari, purtate.

Spre deosebire de pereții purtați interiori, pereții purtați exteriori trebuie să îndeplinească condiția de izolare termică.

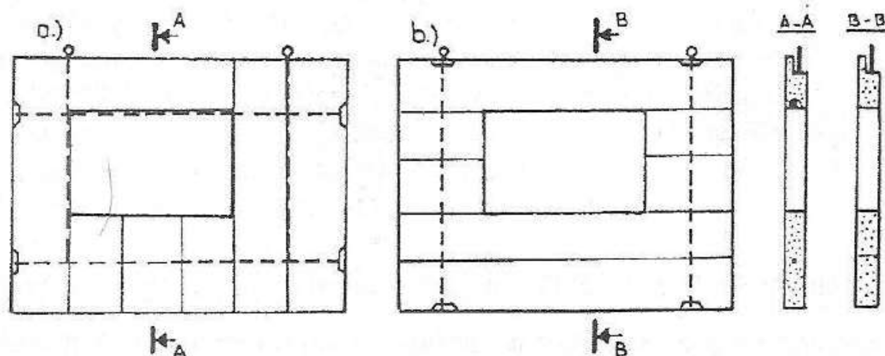


Fig. 7.9. Panouri mari din fâșii de BCA, preasamblate cu tiranți:
a – fâșii dispuse vertical; *b* – fâșii dispuse orizontal.

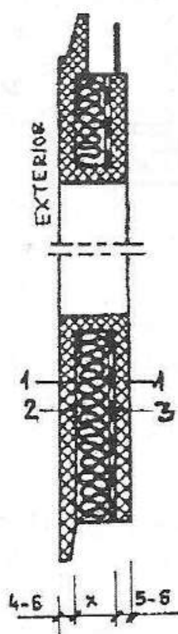


Fig. 7.10. Panou tristrat pentru pereți de închidere nestructurali:
1 – straturi din beton;
2 – termoizolație;
3 – barieră contra vaporilor.

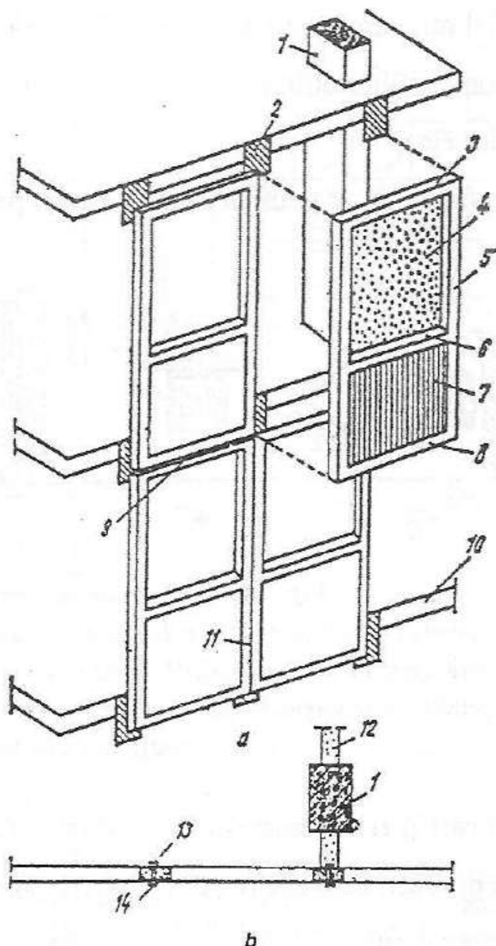


Fig. 7.11,A. Pereți-cortină:
a – vedere; *b* – secțiune; *1* – stâlp din beton armat retras de la fațadă; *2* – legătură reglabilă pe trei direcții; *3* – traversă superioară; *4* – tâmplărie; *5* – montant; *6* – traversă mediană; *7* – parapet; *8* – traversă inferioară; 9 – îmbinare orizontală; *10* – planșeu; *11* – îmbinare verticală; *12* – perete despărțitor; *13* – acoperitor de rost interior; *14* – acoperitor de rost exterior.

Elementele de rezistență din care se alcătuiește de obicei scheletul peretelui-cortină (fig. 7.11,A) sunt profile (speciale) metalice laminate sau ambutisate din oțel sau aluminiu în care se montează panouri opace sau vitrate. Panourile opace sunt, de regulă, panouri tip sandvici, cu fețele finisate

spre interior și spre exterior (fețe din tablă de aluminiu eloxat, oțel, sticlă, azbociment plan spre exterior și placaj, PAL melaminat, mase plastice etc., spre interior) și cu miez termoizolant din materiale specifice (pâslă minerală, polistiren expandat etc.) sau/și straturi de aer neventilat. Panourile vitrate pot fi din sticlă obișnuită, cu sticlă termopan sau specială, simplă sau colorată.

În figura 7.11,B se prezintă detalii de alcătuire a panourilor vitrate sau opace și detalii privind alcătuirea scheletului de rezistență al pereților cortină.

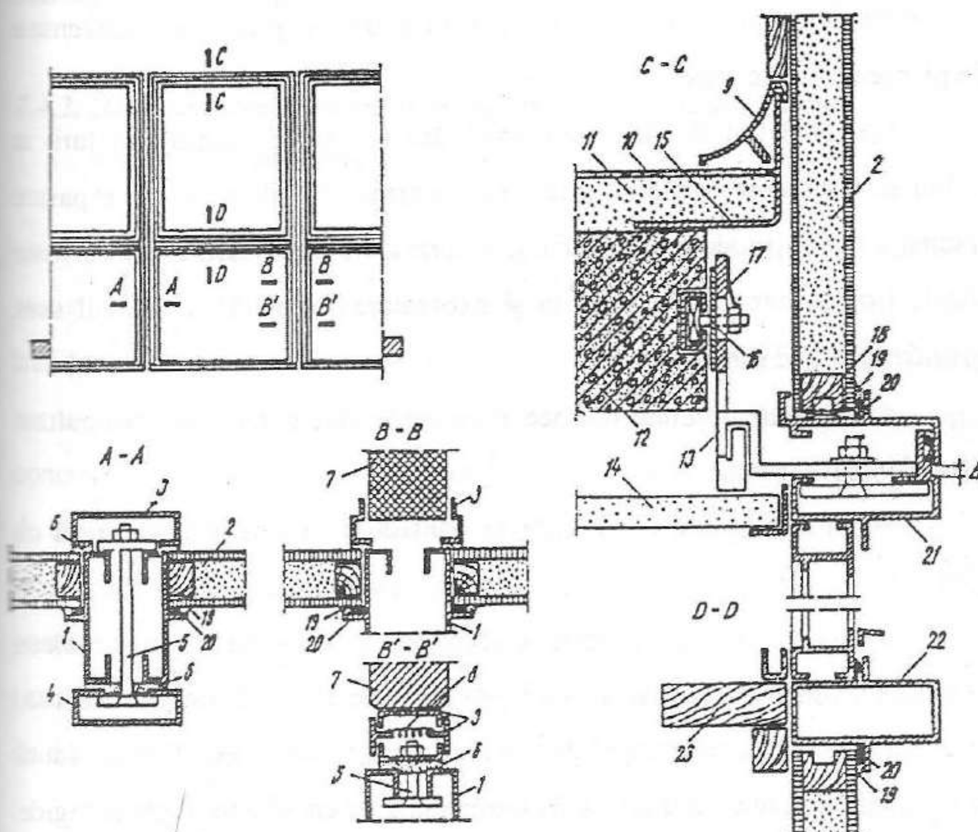


Fig. 7.11,B. Detalii privind structura unui perete-cortină:
1 – montant pentru îmbinarea a două panouri; *2* – panou tristrat; *3* – profil vertical interior; *4* – profil vertical exterior; *5* – șurub; *6* – îmbinare elastică; *7* – perete de compartimentare; *8* – resort; *9* – plintă; *10* – pardoseală; *11* – șapă; *12* – placă; *13* – cârlig; *14* – tavan fals; *15* – platbandă; *16* – eclisă reglabilă; *17* – plăcuțe de blocare; *18* – fururā; *19* – chit special; *20* – neopren; *21* – traversă superioară; *22* – traversă mediană; *23* – glaf.

7.4. Calculul pereţilor portanţi

7.4.1. Elemente generale

Efectul acţiunilor mecanice asupra pereţilor se stabileşte pentru structuri cu comportare elastică, pe baza principiului suprapunerii efectelor fiecărei acţiuni mecanice în parte.

Continuitatea elastică a pereţilor se ia în calcul simplificat, pereţii considerându-se ca o grindă verticală cu reazeme intermediare reprezentate de planşeele dintre etaje.

O schemă statică adecvată comportării mecanice reale a structurii ar trebui să considere legile neliniare de deformaţie a elementelor separate (planşee, pereţi, noduri, îmbinări) şi deformaţiile din fisurare pentru toate stările limită (capacitate portantă şi exploatare normală). În calcul sunt considerate două scheme statice:

– schema continuităţii elastice, care presupune o anumită continuitate între planşee şi pereţi;

– schema articulaţiei, în care se consideră că nodurile lucrează ca articulaţii.

Schema continuităţii elastice se utilizează atunci când din calcul reiese că peretele poate prelua momente încovoietoare fără o fisurare excesivă, care poate modifica substanţial distribuţia momentelor înseşi. Ipoteza caută să se apropie cât mai mult de comportarea reală, în cazul unor legături rigide la extremităţile pereţilor, situaţie întâlnită la pereţii din diafragme din beton armat monolit. Pentru pereţii din zidărie nearmaţi, această schemă se poate aplica cel mult la nivelurile inferioare ale unor clădiri înalte; dimpotrivă, la nivelurile superioare, forţa axială nu este de obicei suficientă pentru a asigura echilibru şi poate să apară o stare accentuată de fisurare. Şi în cazul clădirilor

În panouri mari, forțele verticale sunt mai reduse la etajele superioare, fiind necesară realizarea continuității pereților și a planșeelor, prin ancorarea armăturilor. Metoda continuității este aplicabilă la orice tip de structură, cu considerarea corespunzătoare a condițiilor de lucru ale îmbinărilor orizontale. Un aspect important îl are faptul că fisurarea și deformațiile plastice din îmbinare au influență asupra stării limită de cedare a peretelui.

Schema articulației conduce la calcule mai simple și la o siguranță mărită, prin modul de considerare a flambajului și a momentelor maxime.

7.4.2. *Determinarea eforturilor în pereți, la starea limită ultimă a capacității portante*

În acest scop se folosesc valorile de calcul pentru acțiuni și schemele statice alese. Pentru determinarea efortului axial se pot folosi metodele tradiționale simplificate, ținând seama de direcția de rezemare (condițiile de lucru) a planșeelor, de unghiul corespunzător de repartizare a încărcărilor concentrate (de regulă, distribuția uniformă pe suprafețele inferioare limitate de dreptele înclinate față de verticală cu 1/3), ca și de faptul că forțele axiale se aplică întotdeauna cu o oarecare excentricitate. Când peretele portant face parte din contravântuirea structurii, se include și componenta verticală rezultată din acțiunea forțelor laterale (vânt, seism), efectuându-se un calcul de diafragmă.

Momentele de încovoiere se determină în teoria de ordinul întâi, dacă diafragmele și planșeele au rigiditate suficientă (schemă rigidă), luând în considerare:

– excentricitatea structurală provenind din excentricitatea rezemării planșeelor și pereților (e_{sup} și e_{niv} din figura 7.12,*d*) și cea produsă de momentele de încovoiere din eventuala continuitate dintre planșee și pereți;

– excentricitățile accidentale provenind din dispersarea (abaterea) poziției planului median al peretelui și din suprapunerea pereților pe verticală (abateri de poziționare);

– excentricități datorate altor acțiuni decât ale celor verticale, și anume, provenind din acțiuni orizontale (din vânt, la pereții exteriori, și din seism), precum și cele provenind din gradientul de temperatură (v. STAS 1010/23 A/75).

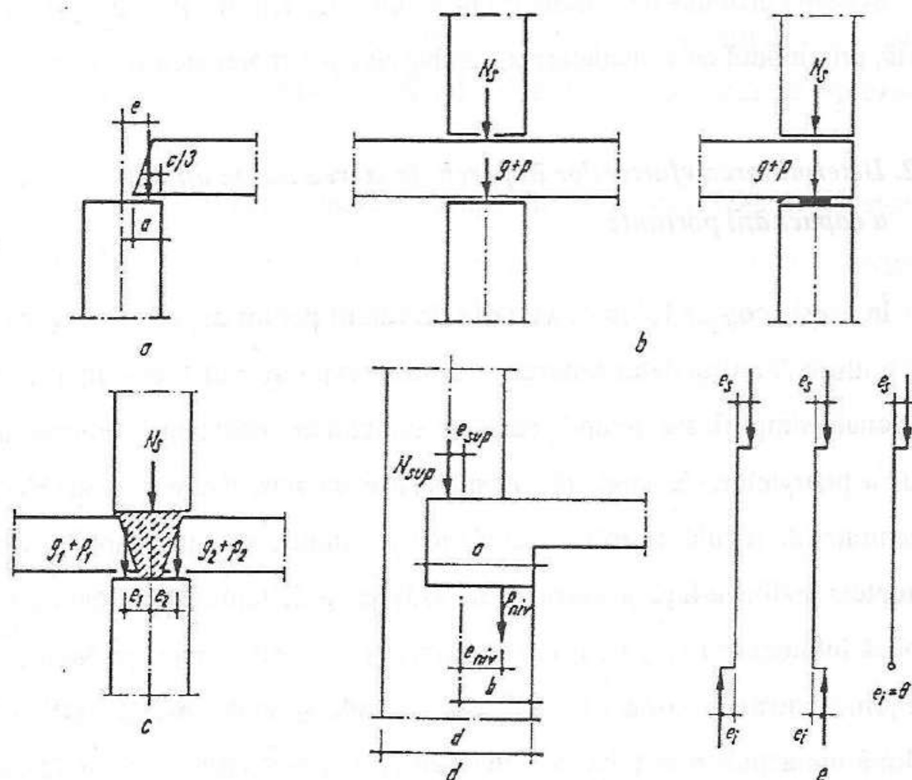


Fig. 7.12. Excentricități structurale pentru pereți:
a – la planșeu simplu rezemat; *b* – la planșee continue sau rezemând pe întreaga grosime a pereților; *c* – la planșee fără continuitate; *d* – la planșee cu încastrare pe reazeme; *e* – scheme posibile de excentricități la capetele superior și inferior ale peretelui.

Excentricitatea structurală a încărcării verticale de la etajele superioare e_{sup} se poate calcula simplificat, considerând că rezultanta încărcărilor N_s acționează în planul mecanic (de greutate) al peretelui (fig. 7.12.*d*).

Excentricitatea structurală e_{niv} se va determina în funcţie de condiţiile de rezemare ale planşeului. Ea poate avea valoarea b-a/3 sau $-a$/2, după cum reazemul este din mortar flexibil şi nivelat sau este un reazem uscat (după recomandările C.I.B.). În cazul pereţilor interiori, excentricitatea e_{niv} este nulă dacă încărcarea din stânga reazemului este egală cu cea din dreapta (fig. 7.12,*b*, *c*), iar în cazul pereţilor exteriori e_{niv} se poate micşora prin prevederea unor piese de ghidaj.

Excentricitatea de calcul e_0 reprezintă distanţa de la centrul de greutate la o singură forţă axială echivalentă şi rezultă din suprapunerea tuturor excentricităţilor posibile. Eforturile din pereţi sunt influenţate de modul de împiedicare a deplasărilor laturilor acestora. Coeficientul de flambaj φ este în funcţie de grosimea peretelui şi de excentricitatea relativă a încărcărilor:

$$m = \frac{6e}{d}.$$

Condiţiile de rezemare de la extremităţile peretelui determină lungimea sa de flambaj, care poate fi egală, de 2 ori sau de 3/4 din înălţimea liberă a etajului pentru peretele dublu articulat la cele două capete, pentru peretele cu capătul superior liber şi, respectiv, pentru peretele cu un grad suficient de încastrare la capete.

7.4.3. Verificarea siguranţei pereţilor

În principiu, siguranţa unui perete portant se verifică în orice secţiune orizontală la starea limită ultimă a capacităţii portante, solicitată la încovoiere compusă şi ţinând seama de excentricităţi şi flambaj, determinate de condiţiile de margine, mai ales de îmbinarea orizontală. Se consideră în calcul diagrama corespunzătoare de distribuţie a tensiunilor pe secţiune, de obicei neliniară, şi se neglijează tensiunile (eforturile unitare) de întindere. Se

pot considera, de asemenea, deformațiile peretelui, în cadrul teoriei de ordinul doi, pentru schema statică adoptată, și efectul curgerii lente. Când acționează și forțe tăietoare, se verifică eforturile unitare tangențiale și cele principale.

În cazul îmbinărilor perete-planșeu sau a înseși porțiunii de perete de lângă îmbinare, care este mai puțin rezistentă decât secțiunea curentă, se verifică rezistențele cu aceleași criterii, putându-se adopta scheme statice și coeficienți ai încărcărilor și condițiilor de lucru diferite.

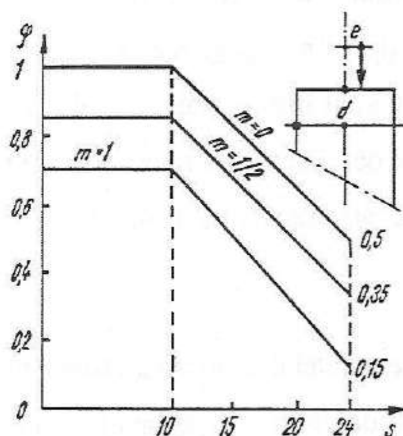


Fig. 7.13. Variația coeficientului de flambaj φ, în funcție de subțirimea geometrică a peretelui, S, și de excentricitatea relativă a încărcărilor, m.

Pentru a se asigura o comportare satisfăcătoare a clădirilor în condiții de exploatare normală și a se evita degradări în fațade sau în pereții despărțitori din cauza fisurării sau a unor deformații excesive, se face verificarea la stările limită ale exploatării normale, de fisurare, de deformație, considerând coeficienții încărcărilor egali cu unitatea.

Deschiderea fisurilor și mărimea deformațiilor trebuie să rămână inferioare unor valori limită, în funcție de natura clădirilor.

Pentru dimensionarea pereților se poate considera simplificat o fâșie verticală de perete de 1 m lățime supusă acțiunii încărcărilor verticale, gravitaționale, precum și acțiunii vântului.

Schema statică este reprezentată în figura 7.14.

Pe baza acestei scheme statice, calculul momentelor este laborios și inexact, deoarece în dreptul planșeelor fâșia nu are realizată o continuitate perfectă.

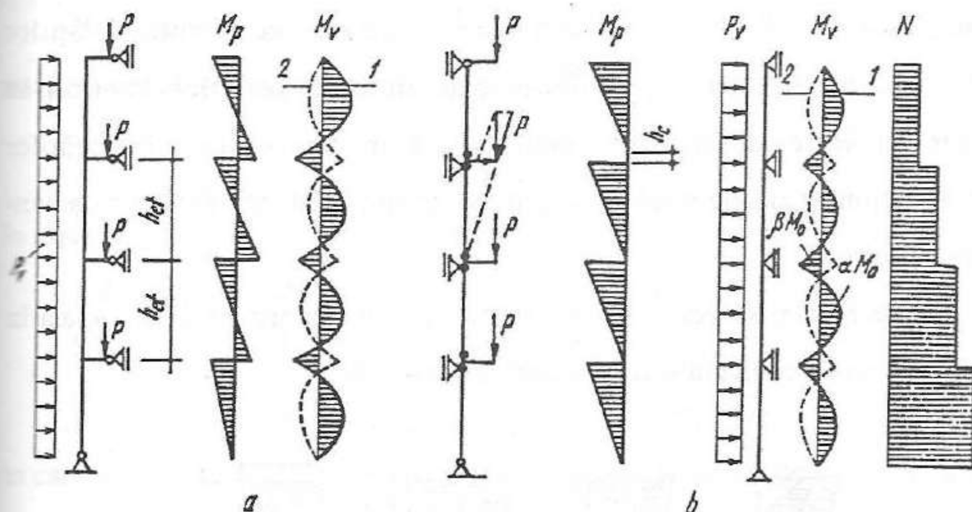


Fig. 7.14. Schema statică a unei fâșii verticale de perete:
a – schema reală; b – schema simplificată; p_v – încărcarea din vânt; P – încărcarea din planșee: M_p, M_v – momente încovoietoare din încărcări verticale, respectiv din vânt; N – diagrama de forțe verticale; 1; 2 – momentele din presiunea, respectiv sucțiunea vântului; h_c – înălțimea centurii la pereții din zidărie.

Pentru acțiunea vântului, considerând aspectele precizate anterior, calculul momentelor are în vedere introducerea unor coeficienți de corecție:

– în câmp: $M_c = \alpha M_0$,

– în reazem: $M_r = \beta M_0$.

unde: M_0 este momentul maxim pentru o grindă simplu rezemată, sub acțiunea încărcărilor uniform distribuite;

α, β – coeficienți care depind de gradul de continuitate al fâșiei în dreptul reazemelor.

Pentru pereți portanți din zidărie, $\alpha = 2/3$ și $\beta = 4/3$, iar pentru pereți din beton armat monolit, $\alpha = 1/3$ și $\beta = 2/3$. Verificarea capacității portante se face la nivelul inferior cel mai solicitat.

Flambajul se consideră prin coeficientul de flambaj după direcția x-x. Lungimea de flambaj pentru pereți dublu articulați este egală cu înălțimea

nivelului. Verificarea capacității portante se face cu ajutorul relațiilor de compresiune excentrică. În general, în cazul pereților interiori se face verificarea diafragmelor, considerând simultan acțiunea încărcărilor gravitaționale și orizontale din vânt sau seism, dacă sunt și pereți de contravântuire.

De regulă, se verifică o fâșie verticală cu lățimea de 1 m, situată în afara zonei de conlucrare cu peretele perpendicular.

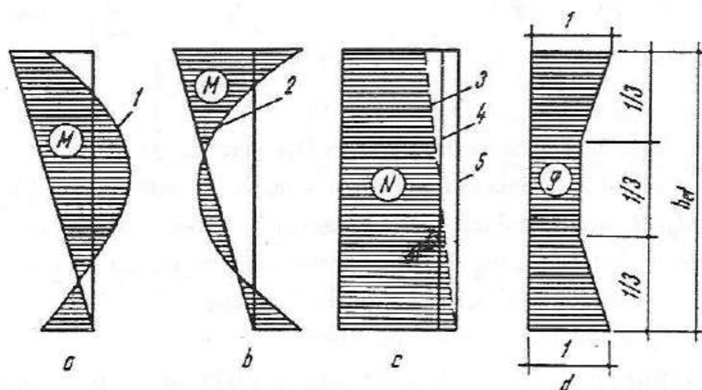


Fig. 7.15. Variația solicitărilor pe înălțimea unui nivel:
a; *b* – diagrama de momente încovoietoare din vânt și din încărcări verticale; *c* – diagrama de forțe axiale; *d* – variația coeficientului de flambaj; *1*; *2* – diagrama de momente din efectul de sucțiune, respectiv presiune; *3* – variația reală a forței axiale; *4*; *5* – variația aproximativă a forței verticale.

Excentricitățile structurale se determină în funcție de modul de rezemare al planșeului și al peretelui superior.

În cazul pereților din zidărie, excentricitățile accidentale se pot considera astfel:

– abaterea poziției planului median al peretelui e_{a1} = 0,02 d, din neomogenitatea zidăriei, și e_{a2} = 0,002 h_{et}, din inegalitatea grosimii peretelui;

– abaterea de poziționare, e_{a3} = 0,5 cm.

Excentricitățile e_v din vânt (numai la pereții exteriori), e_c din cutremur sau e_t din gradientul de temperatură se calculează cu relația:

$$e = \frac{M}{N}$$

în care: M este momentul din vânt, seism sau temperatură;

N – forța axială totală din secțiune.

Excentricitatea de calcul se va determina cu relația:

$$|e_0| = \sqrt{0,3(e_s^2 + e_i^2) + 0,4e_s e_i} + |e_v| + |e_c| + |e_t|$$

în care: e_s și e_i reprezintă excentricitățile în secțiunile de la partea superioară și inferioară a peretelui (fig. 7.12,*b*);

e_v și e_c – excentricitățile din vânt, respectiv cutremur, care nu se consideră simultan, apreciindu-se situația cea mai defavorabilă.

În mod simplificat, excentricitățile de calcul se determină astfel:

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{N_{sup} e_{sup} + M_v}{N_s + P_{niv} + G} + 2 \text{ cm},$$

unde: M_v este momentul din vânt;

G – greutatea proprie a peretelui.

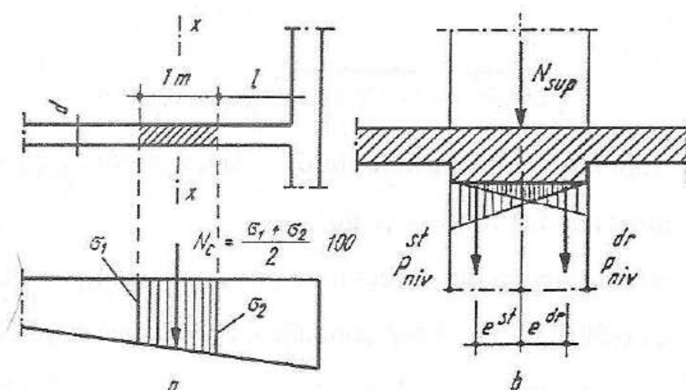


Fig. 7.16. Schema de verificare a pereților interiori:
a – considerarea fâșiei verticale de 1 m; *b* – distribuția încărcărilor la rezemarea planșeelor; *l* – zona de conlucrare a pereților;
σ – tensiunile normale din încărcările orizontale.

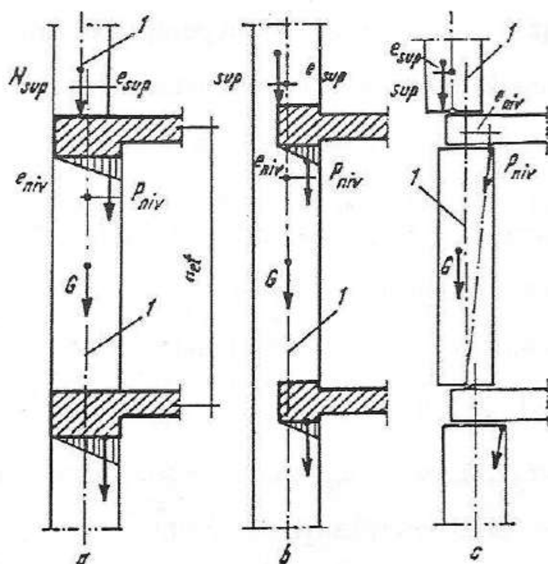


Fig. 7.17. Schema de aplicare a încărcărilor:
a – pentru pereți portanți din zidărie; *b* – pentru pereți turnați monolit în cofraje glisante; *c* – pentru pereți din panouri mari; *1* – axa centrului de greutate al peretelui.

7.4.4. Excentricitatea pereților portanți din panouri mari

Determinarea excentricității în cazul compresiunii cu flambaj se face cu relația:

$$e_0 = \sqrt{0,3(e_s^2 + e_i^2) + 0,4e_s e_i} + |e_p| + |e_v| + |e_c|$$

în care: e_v, e_c reprezintă excentricitățile din vânt, cutremur, considerate la jumătatea înălțimii panoului;

e_p – excentricitatea din defectul de planeitate (în lipsă de date se va lua 0,002 din înălțimea panoului), considerată la jumătatea înălțimii panoului:

$$e_s(e_1) = e_1 + e_2 + e_3 + e_4 + e_5;$$

unde: e_1 este excentricitatea din dezaxarea îmbinărilor, în raport cu panoul considerat, și a panourilor suprapuse între ele, ca excentricități structurale;

e_2 – excentricitatea din poziția dezaxată a reazemelor planşeelor de ambele părți (excentricitate structurală), ca şi din greutatea stratului de protecție la panourile exterioare;

e_3 – excentricitatea provenită din abaterea față de poziția teoretică (centrul de greutate) a planului median, ca efect al neomogenității betonului, mai ales turnat pe orizontală şi deci defect de confecționare, cu valoarea de 2-5% din grosimea panoului;

e_4 – excentricitatea din dezaxarea planurilor mediane ale panourilor suprapuse, deci defect de montaj; în lipsă de date se iau aproximativ 2 cm;

e_5 – excentricitatea accidentală din defect de pozare (suprapunere, verticalitate), de cca. 1 cm, pentru un ecart între axele a două panouri de 2 cm. Abaterea se poate lua de 1-3 cm, în funcție de dispozitivele constructive şi de calitatea execuției.

Excentricitățile e_v (numai în cazul pereților exteriori) şi e_c se calculează cu relația:

$$e_v\,(e_c) = \frac{M}{N}$$

în care: M este momentul pentru o fâşie de perete egală cu unitatea, considerând peretele dublu articulat sau rezemat pe 3 sau 4 laturi, dacă panoul are margini verticale fixate;

N – încărcarea axială, totală, a fâşiei.

7.4.5. *Verificarea la flambaj*

Verificarea la flambaj în cazul structurii fagure se face pentru o fâşie de lățime unitară, amplasată:

– spre latura liberă, dacă panoul are o latură liberă, iar raportul h_{et}/L este mai mic decât 1;

– în zona de mijloc a panoului cu ambele laturi verticale fixate, când raportul h_{ct}/L este mai mic decât 0,5;

– pe o linie verticală, situată la o distanță de la marginea cea mai comprimată a panoului egală cu cea mai mică dintre valorile h_{ct}/L sau $L/3$ din lungimea zonei comprimate, la panourile cu ambele laturi verticale libere, la panouri cu o latură verticală fixă având $h_{ct}/L < 1$ sau la panouri cu două laturi verticale fixate și $h_{ct}/L > 0,5$.

În cazul panourilor cu una sau două laturi verticale fixe, se verifică și rezistența în dreptul laturii verticale sau compresiunile cele mai mari, fără a considera flambajul.

7.4.6. Deformațiile și fisurarea pereților

Deformațiile pereților se pot grupa în trei categorii:

– deformații produse de încărcări exterioare, care dezvoltă stări de tensiune σ, τ și deformații specifice ε, γ, cu concentrări de tensiuni în anumite zone, care pot provoca deformații mari, urmate uneori de apariția fisurilor;

– deformații produse de deplasări impuse, datorate tasărilor fundațiilor, efectelor precomprimării, contracției și curgerii lente;

– deformații produse de variații dimensionale datorate variațiilor de umiditate și temperatură, ca și modificărilor de compoziție chimică. În cazul variațiilor dimensionale se produce o stare de tensiune când aceste deformații sunt împiedicate, ca în cazul structurilor static nedeterminate. Eforturile care apar (forță axială și momentul încovoietor) sunt proporționale cu deplasările liniare Δl sau unghiulare $\Delta\varphi$ împiedicate:

$$N = \frac{EA}{l}\Delta l;$$

$$M = \frac{EI}{l}\Delta\varphi,$$

unde: E, A și I sunt modulul de elasticitate, aria și momentul de inerție ale barei. Aceste eforturi acționează și asupra legăturilor care pot fi alte elemente de construcție. În general, elementele pot avea simultan atât alungiri cât și lunecări împiedicate.

7.4.7. *Elementele constructive la pereți*

Cerințele de exploatare și de estetică ale clădirii, necesitatea conlucrării pereților și a planșeelor la încărcări orizontale și verticale, asigurarea contra fisurării datorate variațiilor de temperatură sau tasării fundațiilor, cerințe de ventilare naturală și de iluminare etc. implică adoptarea unor elemente constructive la pereți, cum sunt: golurile, buiandrugii, cornișele, aticurile, centurile de ancorare a pereților etc.

Buiandrugii (fig. 7.18-7.20) sunt elemente de rezistență prevăzute deasupra golurilor de uși și ferestre și au rolul de a prelua încărcările verticale aferente. În cazul diafragmelor din beton armat cu goluri mici sau mijlocii, au rolul de a rigidiza clădirea, preluând încărcările orizontale din vânt și seisme.

În cazul pereților din zidărie, buiandrugii se pot executa din lemn, piatră, zidărie, metal, beton. Calculul acestora se face ca pentru grinzi simplu rezemate acționate de greutatea zidului de deasupra, în regim de boltă.

Elementele principale ale golurilor de fereastră sunt prezentate în figura 7.21,A. Execuția golurilor se poate face cu ajutorul unor elemente provizorii, care ulterior se îndepărtează (șabloane ș.a.), sau cu ajutorul unor elemente definitive, numite ancadramente, care pot fi dintr-un singur element în formă de cadru sau din elemente independente (montanți și traverse).

Pentru fixarea tocurilor ferestrelor şi uşilor se prevăd elemente îngropate în glafurile verticale, numite ghermele.

Pe lângă golurile pentru ferestre şi uşi, în pereţi se mai practică şi goluri impuse de instalaţii sau pentru ventilarea naturală: străpungeri de conducte şi canale, şliţuri verticale etc.

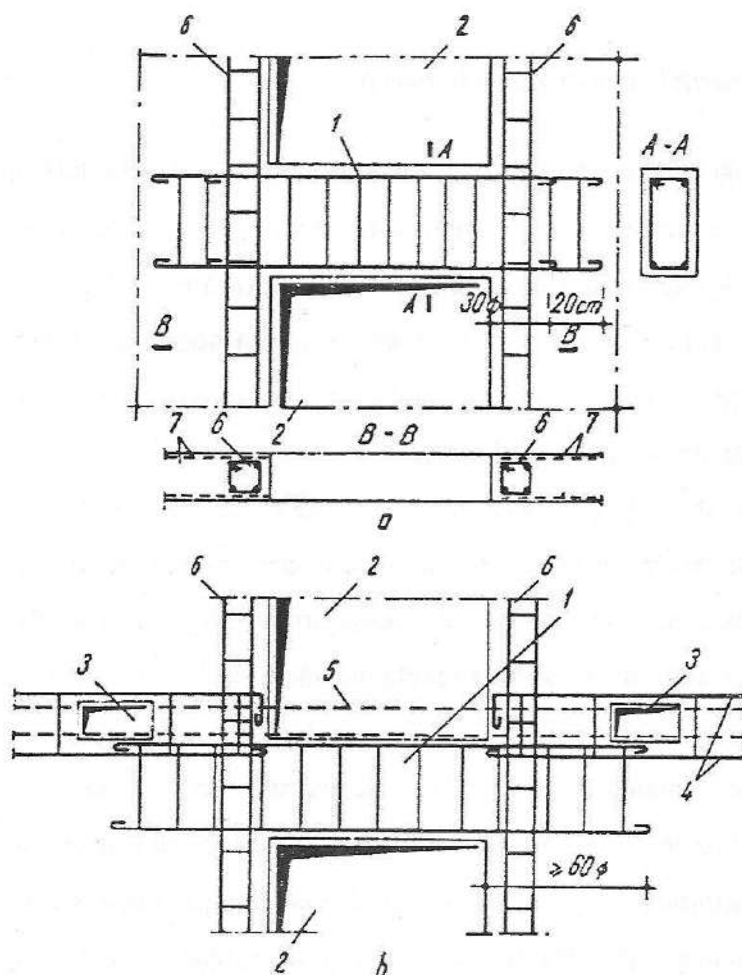


Fig. 7.18. Detalii de buiandrugi la pereţi din beton monolit:

a – turnaţi în cofraje fixe; *b* – turnaţi în cofraje glisante; *1* – buiandrug; *2* – gol de uşă; *3* – gol pentru rezemarea planşeului; *4* – armatură în centură; *5* – placa planşeului; *6* – carcasă pentru bordarea golului; *7* – plase sudate.

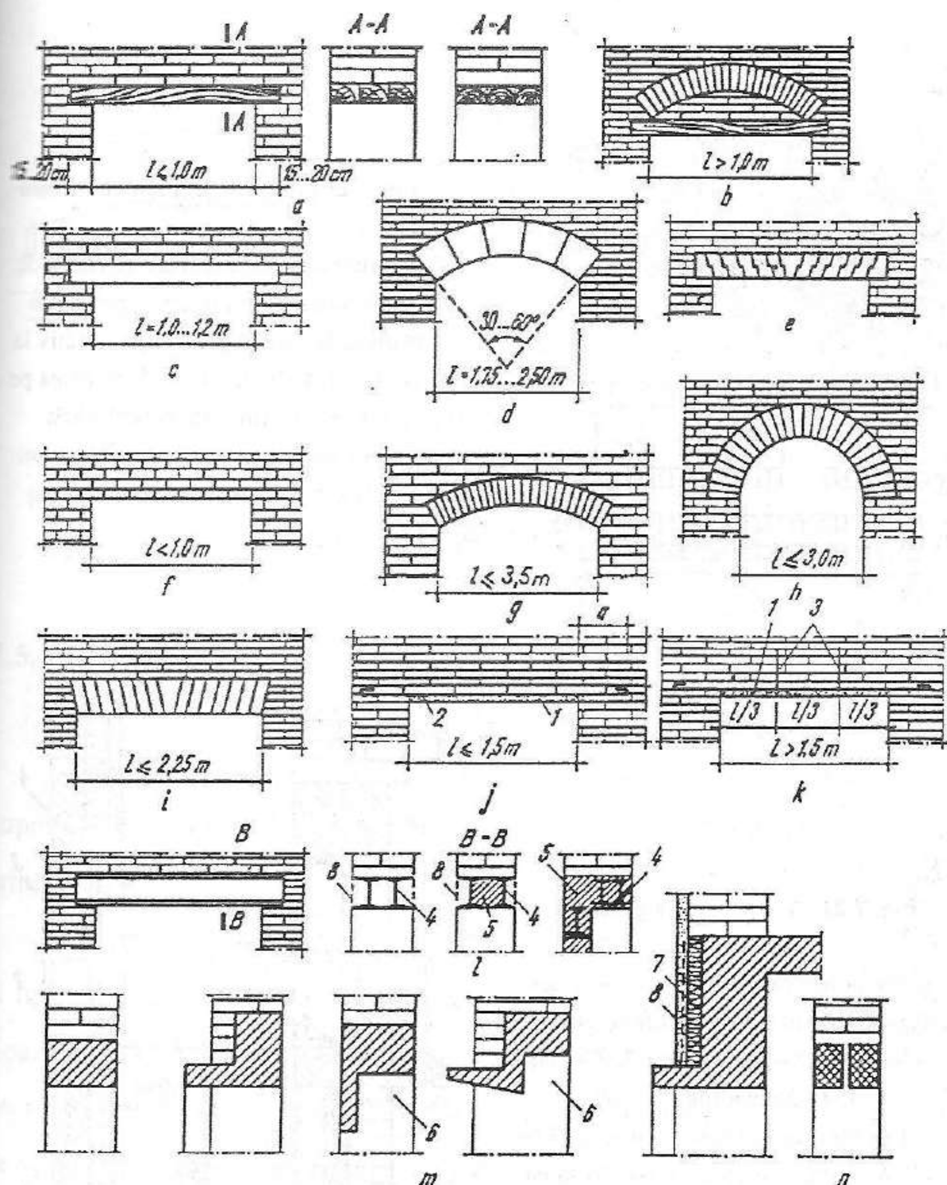


Fig. 7.19. Tipuri de buiandrugi:

a – din lemn; *b* – din lemn, cu boltă de descărcare; *c* – din grindă dreaptă de piatră naturală; *d*, *e* – din bolțari de piatră naturală; *f* – din zidărie de cărămidă; *g*, *h* – din zidărie de cărămidă realizați sub formă de arc pleoștit sau în plin cintru; *i* – din cărămizi sub formă de pană; *j*, *k* – din zidărie armată; *l* – metalici; *m* – din beton armat monolit; *n* – prefabricați din beton armat; *1* – mortar minim M100; *2* – armătură de rezistență; *3* – armătură de consolidare; *4* – profiluri metalice; *5* – beton turnat monolit; *6* – gol pentru rulou; *7* – termoizolație; *8* – tencuială pe plasă de rabiț.

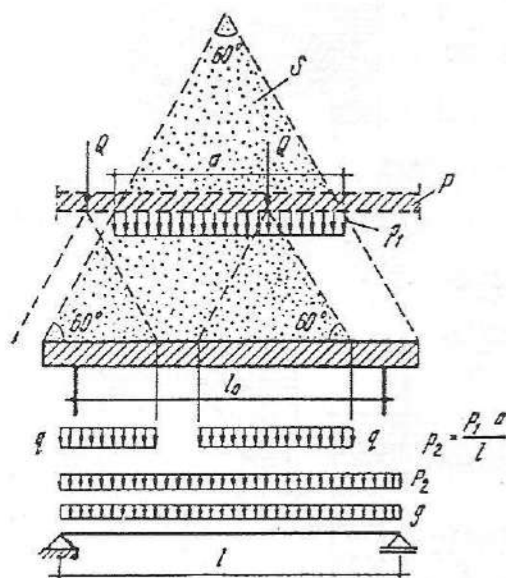


Fig. 7.20. Încărcările de calcul pentru buiandrugi:
S – suprafața zidăriei care se descarcă pe buiandrug; p_1, p_2 – încărcarea din planșeu la nivelul acestuia, respectiv la nivelul buiandrugului; q – încărcarea pe buiandrug din forța concentrată;
g – greutatea proprie a buiandrugului;
P – planșeu.

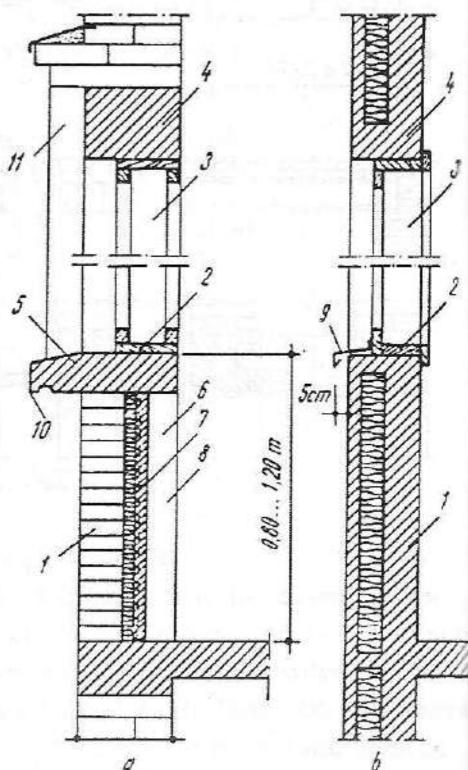


Fig. 7.21, A. Elementele golurilor de fereastră:
a – gol în perete de zidărie; b – gol în perete de beton monolit turnat în cofraje glisante;
1 – parapet; *2* – glaf orizontal; *3* – glaf vertical; *4* – buiandrug; *5* – solbanc;
6 – nișă pentru calorifer; *7* – tencuială pe rabiț; *8* – termoizolație; *9* – șorț de tablă;
10 – lăcrimar; *11* – ancadrament.

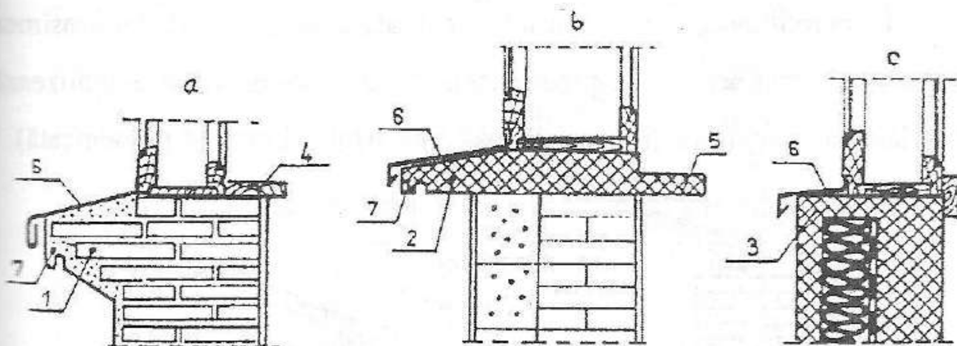


Fig 7.21,B. Solbancuri și glafuri:
a, *b* – pereți din zidărie; *c* – perete din panouri mari; *1*, *2* – solbanc din zidărie și prefabricat; *3* – solbanc fără element suplimentar; *4*, *5* – glaf (din lemn și din beton prefabricat); *6* – șorț din tablă cu lăcrimar; *7* – lăcrimarul solbancului.

7.5. Cornișe, aticuri

Cornișele sunt elemente ale pereților, dispuse orizontal la partea superioară, având rol de protecție împotriva intemperiilor și de plastică arhitecturală.

La construcțiile monumentale, împreună cu arhitrava și friza, cornișa formează antablamentul, fiind partea superioară a acestuia. Construcția și alcătuirea cornișei depind de mărimea efectului de consolă, de sistemul constructiv, de structura de rezistență a clădirii, de finisaje.

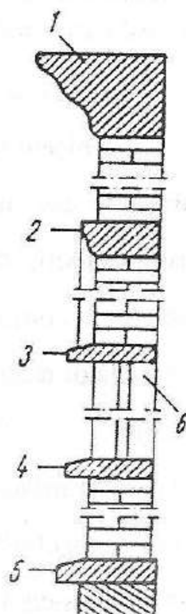


Fig. 7.22. Elemente profilate ale unui perete:
1 – cornișa principală; *2* – brâu; *3* – ancadrament; *4* – solbanc; *5* – soclu; *6* – gol pentru fereastră.

La pereții din zidărie, cornișele ies în afara peretelui 1/2 din grosimea lui. Atunci când acestea au proeminență mare, susținerea lor se realizează din elemente de construcție specială (plăci, elemente de cornișă prefabricată).

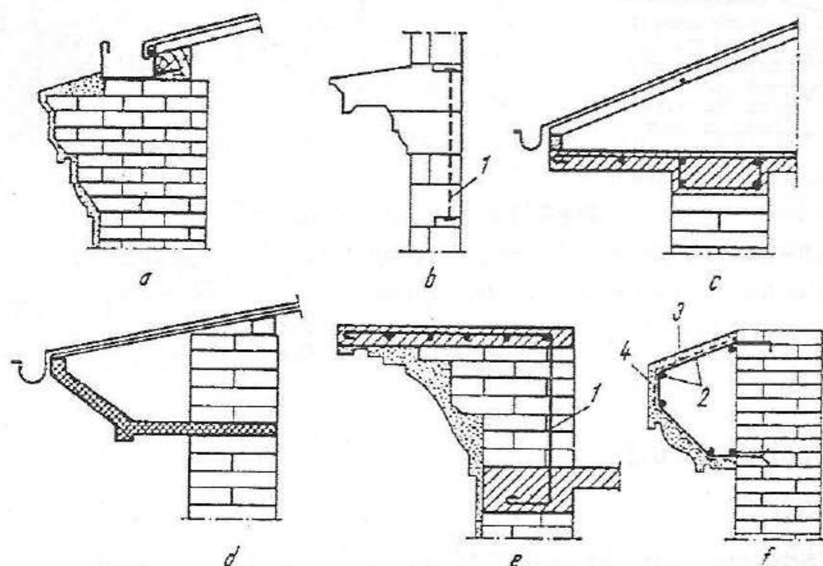


Fig. 7.23. Tipuri de cornișe:
a – din zidărie; *b* – din piatră naturală; *c* – din beton monolit; *d* – din elemente prefabricate de beton; *e* – din beton monolit și tencuială; *f* – cornișă falsă pe schelet metalic; *1* – armătură pentru ancorare; *2* – schelet din oțel-beton; *3* – plasă de rabiț; *4* – tencuială.

Cornișele se calculează la stabilitate, verificându-se dacă momentul de stabilitate este mai mare decât cel de răsturnare, și la rezistență, când se verifică efectiv cornișa la încovoiere și forță tăietoare, ancorajul cornișei și peretele, la compresiune excentrică.

Aticul reprezintă o continuare pe verticală a peretelui, având următoarele funcții:

– racordarea hidroizolației;

– aspect arhitectural;

– element de siguranță pentru terasele circulabile.

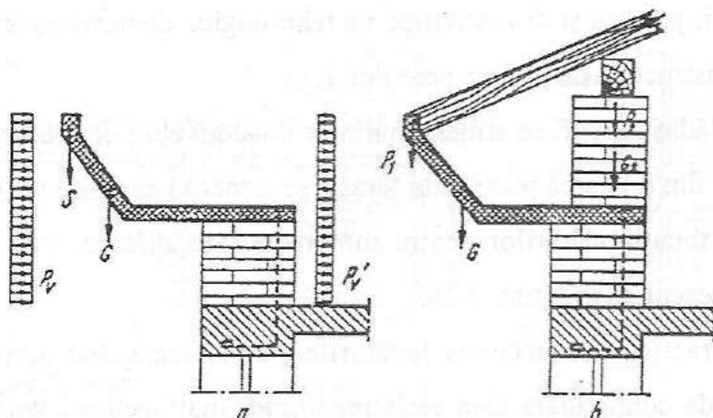


Fig. 7.24. Încărcările care acţionează asupra unei cornişe prefabricate:
a – în timpul montajului; *b* – în exploatare; *S* – încărcarea din schela suspendată;
G – greutatea cornişei; p_v,p'_v – acţiunea vântului cu presiune, respectiv cu sucţiune;
G_2 – greutatea peretelui de deasupra cornşei; P_1, P_2 – încărcări din acoperiş.

7.6. Ancorarea pereţilor. Centuri

În scopul realizării conclucrării spaţiale dintre pereţi, precum şi între pereţi şi planşee la acţiunea celor mai defavorabile încărcări, este necesar a se prevedea legături între aceste elemente.

La clădirile cu pereţi portanţi se disting două tipuri de legături:

– legături în zonele de intersecţie ale pereţilor;

– legături orizontale în zona de legătură planşeu-perete.

Referitor la primul tip de legătură menţionat, se pot face următoarele precizări:

– pereţii din beton armat monolit sunt prevăzuţi la colţuri cu carcase pe toată înălţimea clădirii. Caracasele se dispun la capetele pereţilor şi în jurul golurilor. Armătura verticală de la intersecţia pereţilor va avea o secţiune de cel puţin 0,15% din secţiunea convenţională a intersecţiei. Pentru preluarea tensiunilor de întindere orizontală, care apar din cauza contracţiei împiedicate

a betonului, precum şi din întreruperile tehnologice de turnare, se prevede o armare constructivă cu plase a pereţilor.

La clădirile P+4E se armează primele două niveluri, iar pentru preluarea tensiunilor din dilatarea planşeului terasă, se armează cu plase ultimul nivel.

La execuţia clădirilor pentru turnări în faze diferite, sunt prevăzute detaliile prezentate în figura 7.26.

Se practică cu succes şi legăturile pe verticala diafragmelor, prin tronsoane de continuitate care se întrepătrund. Înălţimea acestor tronsoane variază între 1/2 şi 1/8 din înălţimea nivelului.

Un alt sistem de legătură îl constituie amprenta (alveole). În cazul pereţilor din zidărie, în zonele de intersecţii, ramificaţii, conlucrarea se asigură prin ţeserea pietrelor. În cazul în care sunt folosite blocuri din zidărie diferite, legarea pereţilor se asigură prin sâmburi din beton armat.

Centurile sunt elemente de construcţie prevăzute în pereţi, la nivelul planşeelor, având rolul de a asigura conlucrarea între pereţi, precum şi între pereţi şi planşee.

La pereţii din beton armat monolit, centurile se realizează prin prevederea unor armături orizontale în perete, la nivelul planşeelor, iar la pereţii din panouri mari, prin prevederea unor armături în rosturile orizontale.

După rolul lor, centurile pot fi:

- de tasare;
- antiseismice;
- de stabilitate;
- de repartizare a încărcărilor.

Trebuie menţionat că o centură poate îndeplini mai multe roluri.

Centurile antiseismice asigură conlucrarea spaţială a elementelor de construcţie, având un rol important atât pentru clădirile cu planşee monolite cât şi pentru clădirile cu planşee prefabricate.

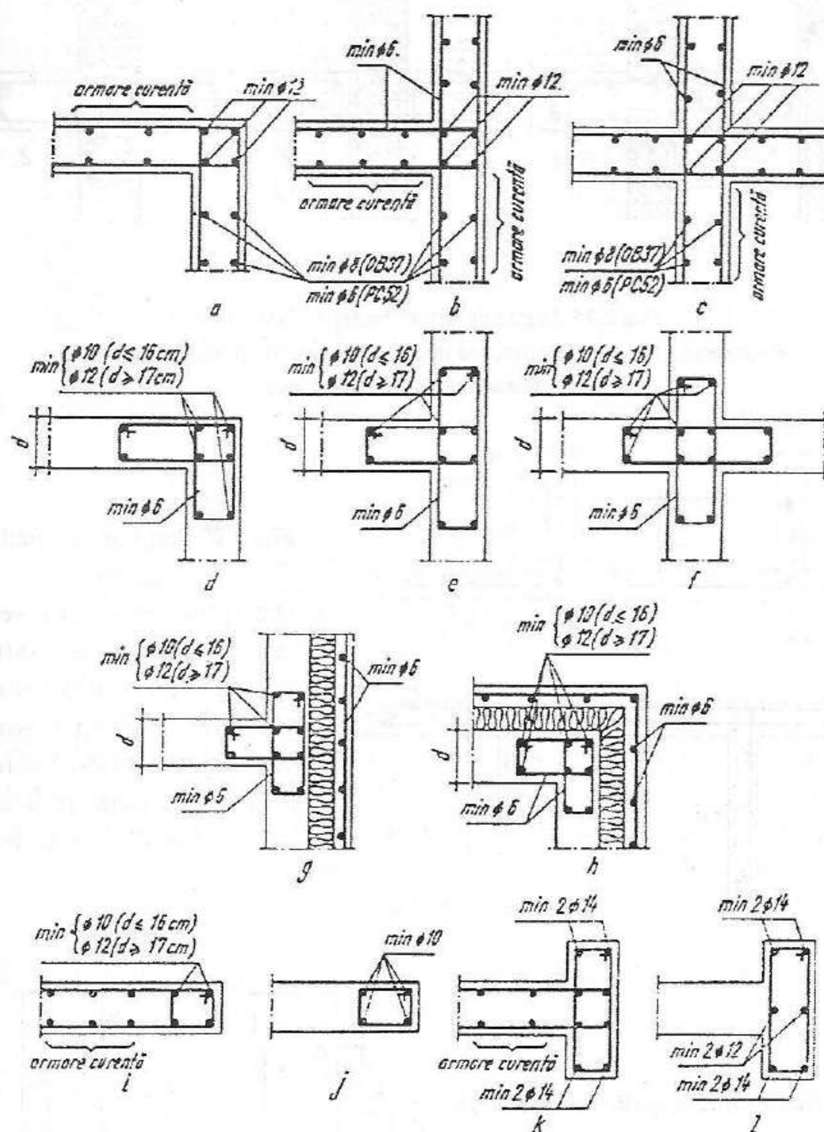


Fig. 7.25. Detalii de armare a pereților din beton armat monolit la colțuri, intersecții, ramificații, capete de diafragme și bordări de goluri:
a; *b*; *c* – detalii de armare a colțurilor, ramificațiilor și intersecțiilor la pereți interiori, la nivelurile unde se face și armare în secțiunea curentă; *d*; *e*; *f* – detalii de armare a colțurilor, ramificațiilor și intersecțiilor la pereți interiori la nivelurile unde nu se armează pereții în secțiunea curentă; *g*; *h* – armarea ramificațiilor și colțurilor la pereții exteriori, la nivelurile unde nu se armează pereții în secțiunea curentă; *i*; *j* – armarea pereților interiori la capete fără evazări sau la bordări de goluri, la nivelurile cu și fără armătură în secțiunea curentă a pereților; *k*; *l* – armarea pereților interiori la capete cu evazări (bulbi), la nivelurile cu și fără armătură în secțiunea curentă.

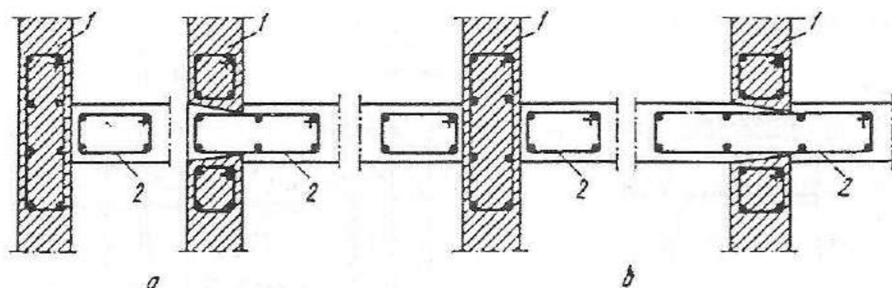


Fig. 7.26. Legarea pereților turnați în faze diferite:
a – intersecția în T; *b* – intersecția în cruce; *1* – tronson turnat în prima fază;
2 – tronson turnat în faza a doua.

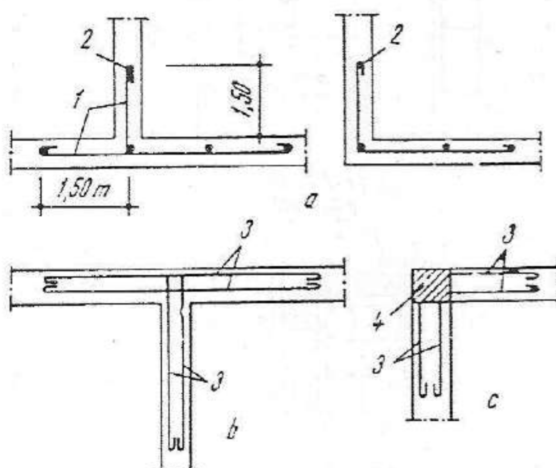
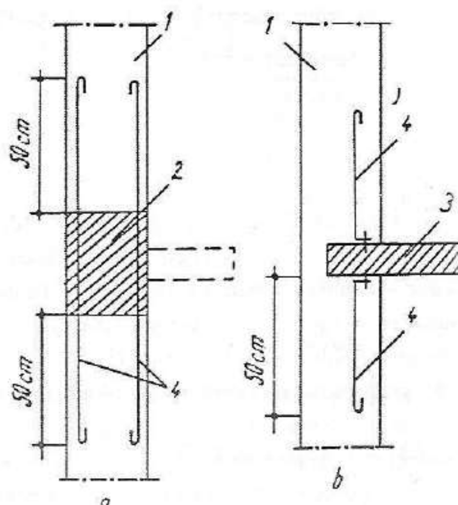


Fig. 7.27. Legături la pereți din zidărie:
a – cu legături orizontale și verticale din oțel-beton; *b* – cu armături transversale; *c* – cu sâmbure de beton armat și armături transversale; *1* – armături orizontale; *2* – armături verticale; *3* – armături transversale; *4* – sâmburi din beton armat.

Fig. 7.28. Legarea pereților de umplutură de elementele de rezistență:
a – cu mustăți lăsate la turnare; *b* – cu mustăți sau platbande prinse cu bolțuri împușcate; *1* – perete autoportant; *2* – stâlp din beton armat; *3* – diafragmă din beton armat; *4* – mustăți de legătură.



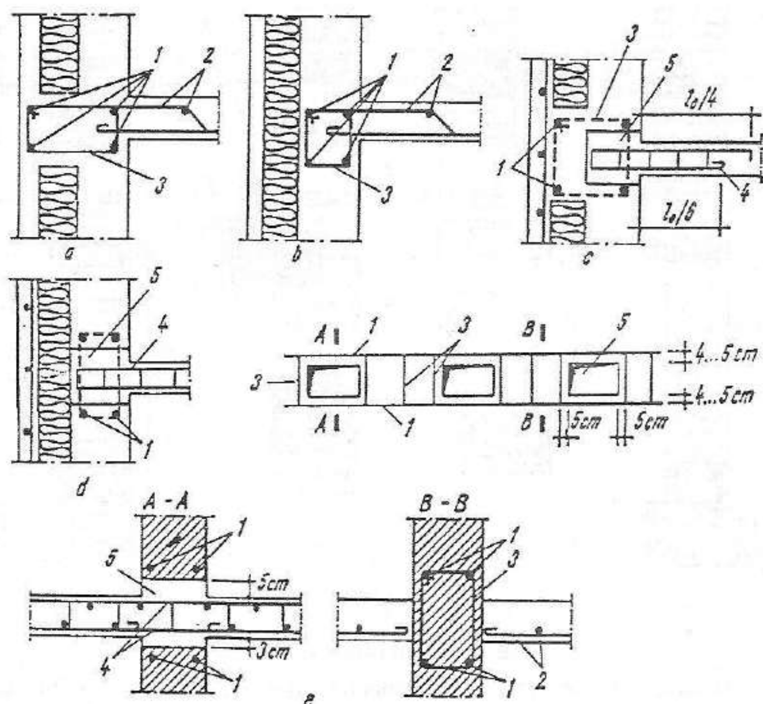


Fig. 7.29. Detalii de centuri la pereţi din beton monolit:
a, b – la pereţi turnaţi în cofraje fixe, centura realizând sau nu punte termică;
c, d – la pereţi exteriori turnaţi în cofraje glisante, centura realizând sau nu punte termică;
e – elevaţie şi secţiune pentru centura pereţilor interiori, realizaţi cu cofraje glisante;
1 – armătură în centură; *2* – armătură în planşeu; *3* – etrier în centură; *4* – armătură amplasată în goluri; *5* – gol în perete pentru rezemarea planşeului.

Centurile de tasare se prevăd pentru zidurile interioare şi exterioare fundate pe terenuri deformabile.

Centurile de ancorare au rolul de a asigura conlucrarea elementelor de planşeu şi cornişe cu pereţii.

Centurile de stabilitate se prevăd la pereţii de subsol sau la pereţii depozitelor, la timpane şi frontoane supuse acţiunii vântului, la pereţii supuşi vibraţiilor provenite din motoare, poduri rulante etc.

În funcţie de felul zidăriei, marca mortarului şi de raportul dintre înălţimea şi grosimea peretelui, sunt indicate cazurile de folosire a centurilor de ancorare.

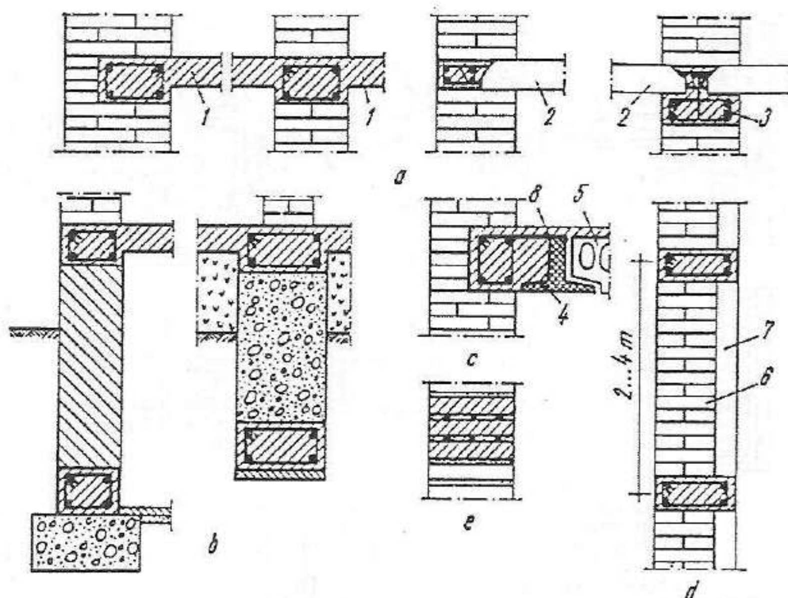


Fig. 7.30. Tipuri de centuri:
a – antiseismică; *b* – de tasare; *c* – de ancorare; *d* – de stabilitate; *e* – din zidărie armată; *1* – planșeu monolit; *2* – element prefabricat de planșeu; *3* – subcentură; *4* – grindă prefabricată de planșeu; *5* – corp de umplutură; *6* – perete; *7* – pilastru; *8* – armătură de ancorare.

Secțiunea minimă a armăturilor longitudinale va fi:

– 1-2 cm^2 la centuri de ancorare;

– 2-6 cm^2 la centuri antiseismice;

– 3-10 cm^2 la centuri de tasare.

Centurile au un rol important în realizarea rigidității de ansamblu a clădirii.

7.7. Pereți realizați prin turnare la fața locului

Pereții din beton armat monolit se întâlnesc sub forma pereților structurali. Acești pereți se caracterizează printr-o capacitate portantă ridicată și prin îmbinări orizontale și verticale în măsură să asigure o bună conlucrare.

Din punct de vedere funcțional, se precizează că gradul de izolare fonică este redus, fapt ce conduce la adoptarea unor grosimi de minimum 15 cm.

Pentru pereți exteriori, considerentele termotehnice impun fie asocierea betonului cu un material termoizolant, fie folosirea betoanelor cu agregate ușoare (situație ce se va analiza în funcție de regimul de înălțime al construcției și de gradul de protecție antiseismică).

7.8. Pereți realizați din elemente prefabricate

Soluția prezintă un grad avansat de industrializare. Pentru pereți interiori se utilizează fie prefabricate de tip panou, fie plane, cu dimensiunile corespunzătoare camerelor.

Cea mai largă utilizare a panourilor mari de pereți este în cadrul clădirilor integral prefabricate, având structura de rezistență cu diafragme.

Rezolvarea pe contur a panourilor este legată de modul în care sunt concepute îmbinările orizontale și verticale ale elementelor prefabricate.

Pentru clădirile cu diafragme de beton armat monolit, se utilizează în mod deosebit panourile de fațadă, cu rol parțial structural, în sensul că sunt concepute a prelua încărcări verticale și orizontale pe înălțimea unui singur nivel (nu au continuitate pe verticală).

Panourile prefabricate de pereți, datorită dimensiunilor mari, se realizează în întreprinderi de prefabricate sau în poligoane de șantier.

Pereții interiori din panouri mari se realizează în exclusivitate la clădirile integral prefabricate, cu structură în diafragme. Pentru pereți portanți, se utilizează în mod deosebit panourile prefabricate monostrat.

Pentru pereți nestructurali, panourile mari s-au conceput ca panouri plane sau spațiale.

Se precizează faptul că montajul pereților nestructurali din panouri mari trebuie să se realizeze concomitent cu al elementelor structurale la fiecare nivel.

O soluție larg răspândită este cea a pereților din panouri mari cu structură tip sandvici.

Pentru o comportare higrotermică corectă, în structura acestora, pe fața caldă (interior) a termoizolației se prevede o barieră împotriva vaporilor (poate fi o folie de polietilenă de 0,15 mm grosime). Stratul de beton armat ce constituie fața exterioară a panoului are rolul de a proteja stratul termo-izolant împotriva acțiunii complexe a factorilor de mediu.

Panourile cu structură tip sandvici pot fi de două tipuri: pentru fațade structurale și portante pe un nivel.

Pentru cele din primul tip, stratul de beton armat la interior se prevede cu grosime de 10 - 12 cm și cu armare adecvată rolului structural. Legătura acestui strat cu beton exterior se poate realiza rigid (cu nervuri din beton armat ce traversează stratul termoizolant) sau elastic (dispozitive punctuale de suspendare și ancorare a stratului exterior și cel interior). Legăturile rigide se consideră din punct de vedere termotehnic ca punți reci și zone de mare permeabilitate termică.

Concepția legăturii elastice a celor două straturi de beton armat din structura panoului sandvici urmărește atât asigurarea unei continuități a stratului termoizolant, cât și libera deformare a panoului în planul său și, prin aceasta din urmă, evitarea microfisurării ce poate să compromită rolul de protecție a acestui strat.

Panourile de fațadă cu structura sandvici, portante pe un nivel, au fost o soluție utilizată pe scară largă la clădirile de locuit.

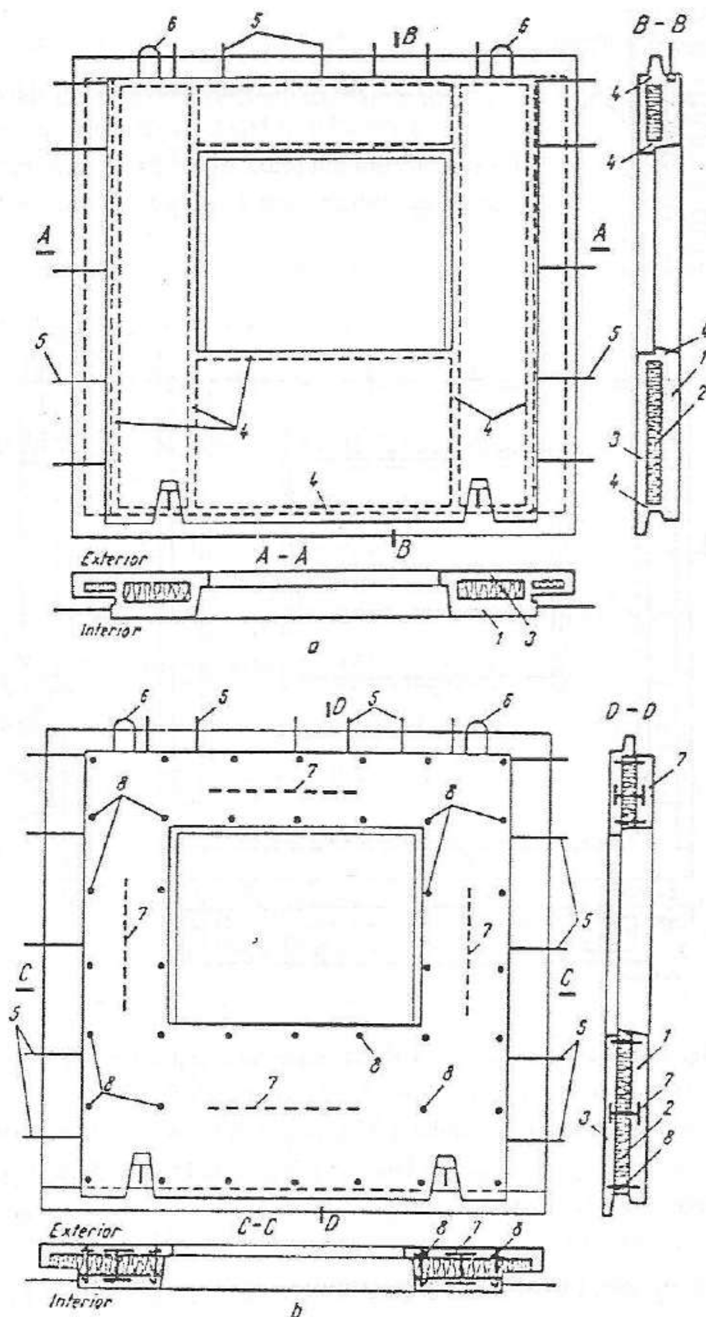


Fig. 7.31. Exemple de panouri cu alcătuire sandvici pentru fațade structurale: *a* – cu legături rigide; *b* – cu legături elastice; *1* – strat interior portant; *2* – strat termoizolant; *3* – strat exterior de protecție; *4* – nervuri de legătură între straturile *1* și *3*; *5* – mustăți din oțel-beton; *6* – urechi de agățare; *7* – dispozitive de suspendare; *8* – agrafe metalice pentru ancorare .

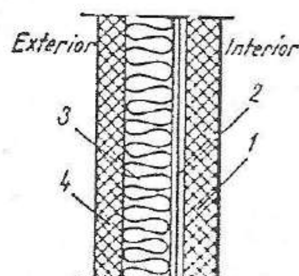


Fig. 7.32. Alcătuirea schematică a câmpului curent al panourilor de fațadă cu structură sandvici:
1 – strat interior din beton armat; *2* – barieră contra vaporilor; *3* – strat termoizolant; *4* – strat exterior din beton armat.

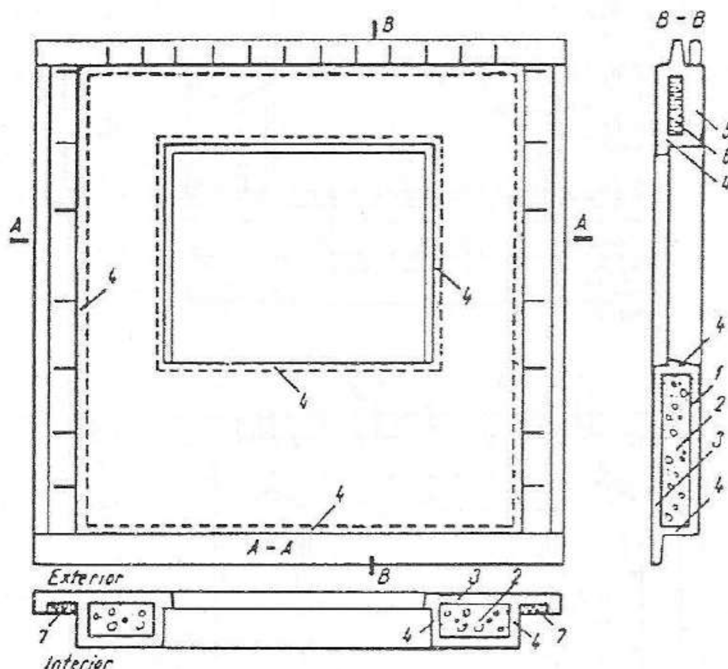


Fig. 7.33. Panou de fațadă cu alcătuire sandvici, portant pe un nivel:
1 – strat interior din beton armat; *2* – strat termoizolant (beton celular autoclavizat); *3* – strat exterior din beton armat; *4* – nervuri de legătură între straturile *1* și *3*; *5* – grinda-buiandrug înglobată în structura panoului; *6* – termoizolație la grinda-buiandrug; *7* – termoizolație pe lateralele panoului.

Soluția prezintă următoarele particularități:

– stratul interior de beton armat este subțire (aproximativ 5 cm);

– rolul portant îl joacă grinda-buiandrug înglobată în structura elementului prefabricat; aceasta primește încărcări de la planșeul adiacent și le transmite elementelor structurale alăturate (capete de diafragme și stâlpi);

– prinderea elementelor prefabricate de cele structurale monolite din planul fațadei se realizează prin turnarea acestora pe înălțimea unui nivel, între panourile de fațadă ale nivelului respectiv deja montate; marginile verticale ale prefabricatelor sunt prevăzute cu mustăți de oțel-beton și cu alveole, ceea ce face ca acestea să joace rol de contravântuire pe un nivel a elementelor structurale din planul fațadei;

– elementele prefabricate nu reazemă direct unele pe altele, ele fiind legate rigid de structura clădirii doar pe trei laturi; ca urmare, pe verticală nu este realizată o continuitate de structură a panourilor;

– legătura dintre cele două straturi de beton armat este realizată rigid, cu nervuri de beton armat dispuse pe perimetrul panoului și al golului de fereastră (ușă). Datorită acestui mod de rezolvare, soluției îi sunt datorate toate deficiențele semnalate în cazul panourilor portante cu legături rigide, iar pentru diminuarea lor sunt valabile aceleași măsuri constructive și indicații de proiectare.

Suprafețele de rezemare a panourilor de pereți (canturile) pot fi netede sau prevăzute cu praguri și alveole distribuite uniform.

În figura 7.34 se prezintă rezolvările constructive ale rosturilor verticale și orizontale la îmbinarea panourilor mari.

O altă problemă importantă care necesită o rezolvare corectă la clădirile din panouri mari este etanșarea rosturilor.

O categorie larg utilizată de pereți o reprezintă cei realizați din elemente prefabricate ușoare și foarte ușoare. Cei mai utilizați sunt pereții-cortină. Aceștia sunt pereți ușori, subțiri, suspendați de structura de rezistență a clădirii la exteriorul ei. Greutatea redusă a acestor pereți este un avantaj, iar ca dezavantaj se poate reține capacitatea redusă de protecție termică și fonică.

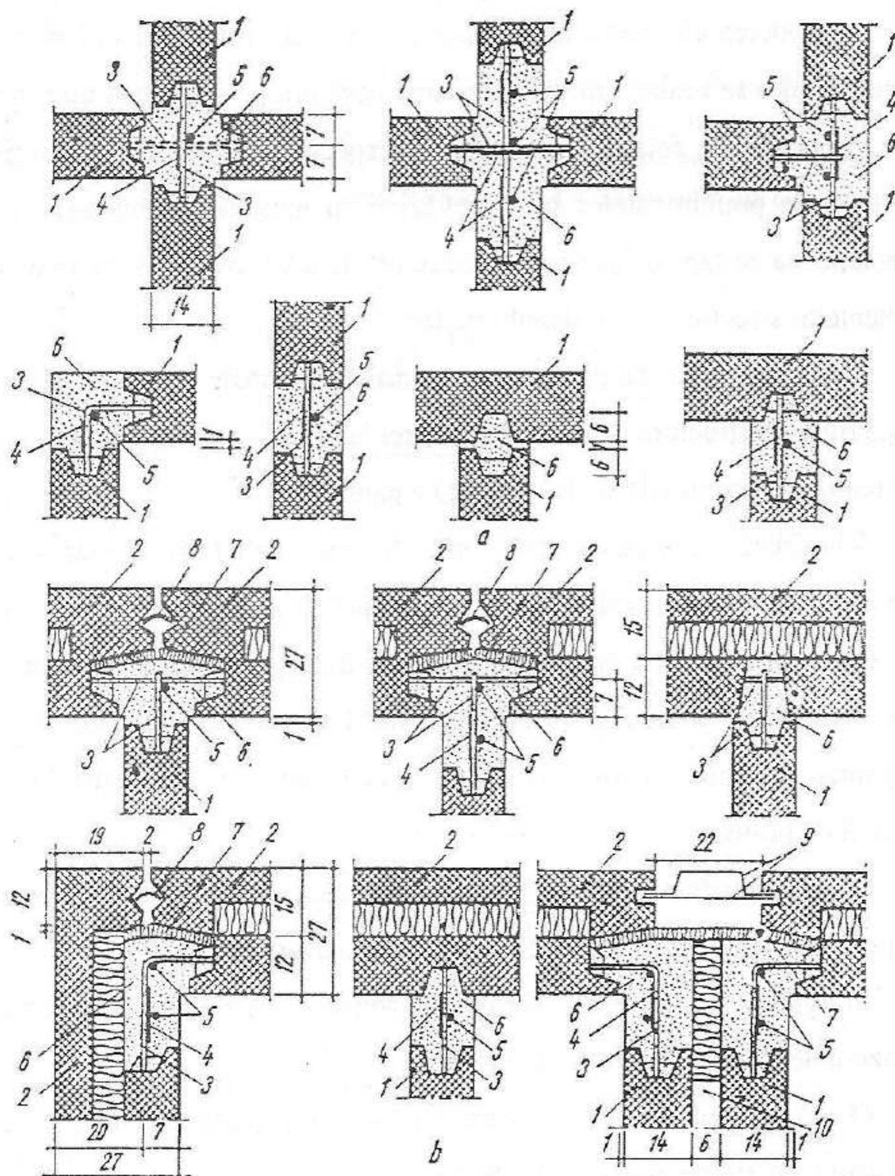


Fig. 7.34. Detalii de rosturi verticale la clădiri cu P+4E, realizate din panouri mari prefabricate:

a – la panouri interioare de pereți; *b* – la panouri exterioare de pereți; *1* – panou interior; *2* – panou exterior; *3* – mustăți de legătură între panouri; *4*– sudură; *5* – armături verticale la monolitizare; *6* – beton C18/22.5 în monolitizare; *7* – izolație termică din polistiren expandat; *8* – profil din material plastic pentru închiderea rostului; *9* – profil din tablă zincată; *10* – rost de dilatare.

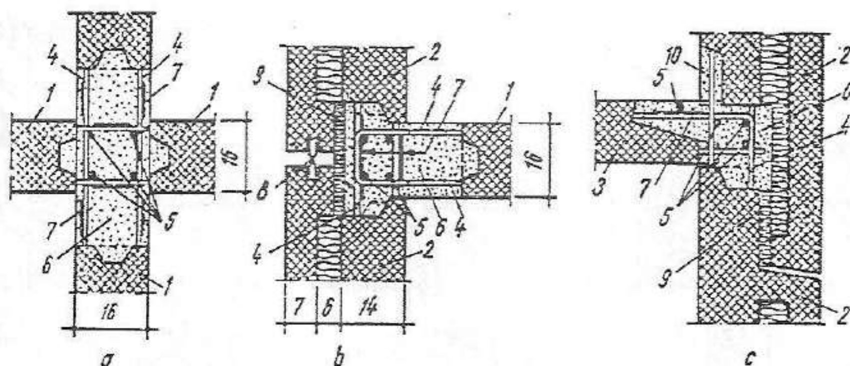


Fig. 7.35. Detalii de rosturi la clădiri cu P+4E realizate din panouri mari prefabricate:
a – rost vertical la îmbinarea panourilor interioare de pereți; *b* – rost vertical la îmbinarea a două panouri exterioare de pereți cu un panou interior; *c* – rost orizontal la îmbinarea panourilor exterioare de pereți cu panoul de planșeu; *1* – panou interior; *2* – panou exterior; *3* – panou de planșeu; *4* – mustăți de legătură; *5* – armături verticale sau orizontale în monolitizare; *6* – beton C12/15 în monolitizare; *7* – sudură; *8* – profil din materiale plastice pentru închiderea rostului; *9* – izolație termică la rostul de îmbinare a panourilor exterioare; 10 – mortar M150 sau beton C18/22,5, turnat după executarea betonării rostului.

Specific pereților-cortină este capacitatea ridicată de etanșeitate, atât la acțiunea vaporilor cât și la acțiunea apei sub formă lichidă. Realizarea fațadelor în această soluție are în vedere un schelet propriu, ușor, fixat de structura clădirii și compus dintr-o rețea de elemente liniare verticale și orizontale, între care sunt montate elementele vitrate și opace ale fațadei

La proiectarea structurii scheletului trebuie avute în vedere următoarele:

– să aibă capacitatea de a susține și transmite structurii clădirii efectul acțiunii vântului asupra fațadei;

– să permită deformarea liberă a elementelor lui proprii;

– să permită un asamblaj simplu, durabil, rezistent;

– să asigure etanșeitatea.

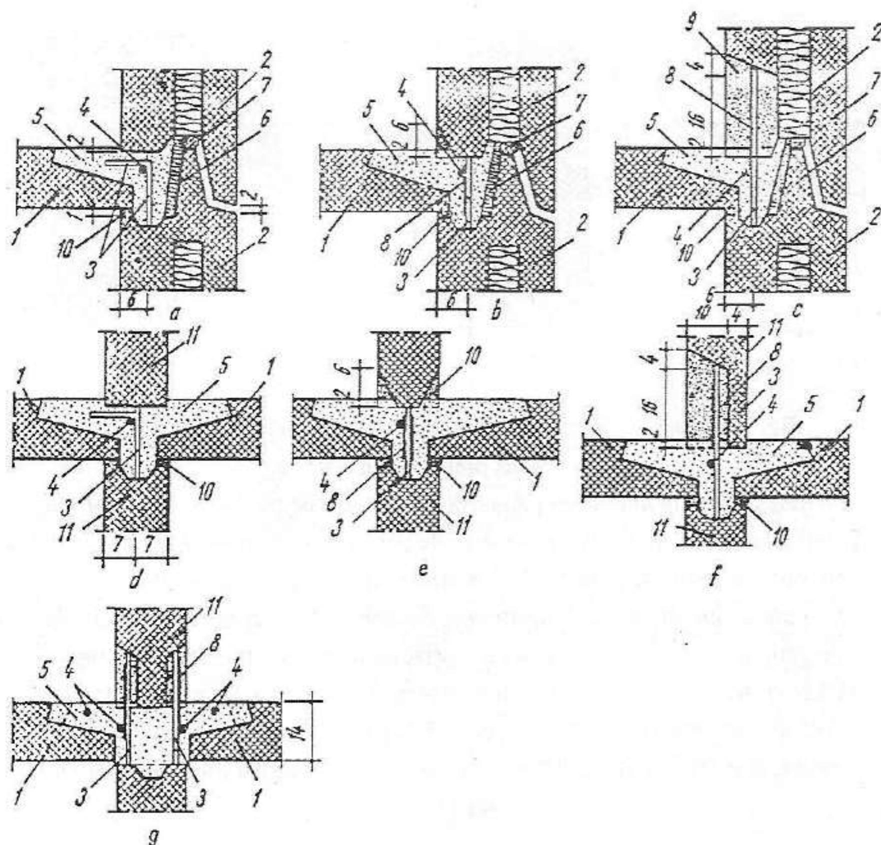


Fig. 7.36. Detalii de rosturi orizontale și de legături pe verticală:
a – rost orizontal la îmbinarea panourilor exterioare de pereți cu panourile de planșeu, pentru clădiri cu P+4E, legătura pe verticală a mustăților realizându-se prin petrecere; *b*; *c* – rost orizontal la îmbinarea panourilor exterioare de pereți cu panourile de planșeu, pentru clădiri cu P+4E, legătura pe verticală a mustăților realizându-se prin sudură pe înălțimea panoului de planșeu, respectiv prin sudură în nișă; *d* – rost orizontal la îmbinarea panourilor interioare de pereți cu panourile de planșeu, pentru clădiri cu P+4E, legătura pe verticală a mustăților realizându-se prin petrecere; *e*; *f* – rost orizontal la îmbinarea panourilor interioare de pereți cu panourile de planșeu, pentru clădiri cu P+4E, legătura pe verticală a mustăților realizându-se prin sudură pe înălțimea panoului de planșeu, respectiv prin sudură în nișă; *g* – rost orizontal la îmbinarea panourilor interioare de pereți cu panourile de planșeu, pentru clădiri cu P+8E, legătura pe verticală a mustăților realizându-se prin sudură în nișă; *1* – panou de planșeu; *2* – panou exterior; *3* – mustăți de legătură; *4* – armături orizontale –în monolitizare; *5* – beton C18/22,5 în monolitizare; *6* – termoizolație în rost la îmbinarea pe verticală a panourilor exterioare; *7* – material elastic de izolare hidrofugă; *8* – sudură; *9* – beton C18/22,5 turnat după executarea betonării rostului; *10* – mortar M 150; *11* – panou interior.

7.9. Pereți-mantou

7.9.1. *Generalități*

Denumirea *perete-mantou* a fost dată în anul 1990, pentru a defini, în cadrul componentei opace a anvelopei, subansamblul tehnologic de fațadă cu dublaj termoizolant exterior. Pe lângă protecția mecanică, asigurată prin definiție de componenta de finisaj a anvelopei clădirii, includerea unei izolații termice asigură și o protecție eficientă și durabilă împotriva principalilor *agenți de mediu* care determină degradarea componentei rezistente (perete exterior), umiditatea și variațiile de temperatură.

Aceste subansambluri tehnologice asigură, pe lângă o bună comportare higrotermică iarna, și o creștere a confortului termic în regim nestaționar (perioada de vară).

Respectarea cerințelor de calitate prevăzute prin legislația națională și internațională este garantată la nivelul întregului subansamblu, precum și prin structura și modul de alcătuire a fiecărei componente în parte. Elementele constitutive ale subansamblului tehnologic respectă, în parte sau integral, exigențele caracteristice în general elementelor de construcție.

Rezistența și stabilitatea sistemului. Acestea se rezolvă, în primul rând, la nivelul componentei rezistente a subansamblului dar și în cadrul componentei de protecție și finisaj, după cum se va vedea în continuare.

Siguranța în exploatare. Analizând caracteristicile componentelor subansamblului tehnologic-arhitectural al părții opace a anvelopei verticale, din acest punct de vedere, se constată că majoritatea riscurilor de accidentare (prin lovire, cădere etc.) a utilizatorilor ar apărea fie ca urmare a contactului dintre aceștia și părți ale anvelopei (uși, ferestre), fie din cauza desprinderii unor elemente care fac parte din anvelopă.

Siguranța la foc. Rezistența la foc față de un incendiu este asigurată prin componenta rezistentă a subansamblului (peretele suport exterior). Este necesar ca, pentru împiedicarea propagării focului şi deteriorării fațadei, elementele de acoperire (rețeaua de armare din oțel, fibră de sticlă, vopsitorii, tencuieli, placaje) să asigure ele însele o rezistență corespunzătoare la foc.

Pentru obținerea clasei de combustibilitate a unei alcătuiri complexe, cum e cazul tencuielilor pe dublaje termoizolante, încercările de laborator se fac nu pe părțile componente ale acestuia, ci pe însuşi subansamblul pus în operă. S-a dovedit, de pildă, că tencuielile pe dublaje termoizolante exterioare constituie un ansamblu relativ sensibil la incendiile provenind din exterior.

Igienă, sănătate, refacerea şi protecția mediului. Cele ce urmează se referă la componenta verticală opacă a anvelopelor, a cărei alcătuire trebuie să asigure reglarea umidității aerului din spațiul interior („respirația" prin anvelopă).

În funcție de compoziția chimică, straturile de acoperire pot asigura şi o protecție împotriva agenților agresivi (gaze de eşapament, alți factori poluanți) precum şi împotriva dezvoltării de microorganisme şi ciuperci.

Racordarea suprafețelor aflate în planuri diferite, legătura cu golurile din fațadă, întărirea elementelor de armare trebuie să se realizeze prin benzi de etanşare şi chituri, cu rol de protecție împotriva pătrunderii prafului şi microorganismelor.

Izolație termică, hidrofugă şi economie de energie. Cerința de asigurare a izolației termice se rezolvă în primul rând la nivelul componentei termo-izolatoare, existând, desigur, un aport suplimentar şi al altor componente. De asemenea, comportarea la difuzia vaporilor de apă nu poate fi considerată numai pentru materialele şi produsele constitutive, ci pentru întregul subansamblu, ținând cont de modul de alcătuire a acestuia.

Protecție împotriva zgomotelor. În cazul sistemelor de finisaje exterioare pe dublaje termoizolante, indicele de izolare la câmp este de cca. 45 dB, dacă pereții sunt din blocuri de zidărie de 25-37,5 cm. Desigur, valorile diferă, atât în funcție de tipul de termoizolație adoptată (plăci din vată de sticlă, plăci din vată minerală), de tipul și grosimea peretelui suport, cât și de rezolvarea detaliilor specifice în zonele critice (racordări, legătura cu alte elemente de construcție etc.).

7.9.2. Elemente definitorii ale sistemului

Indiferent de tipul particular de subansamblu tehnologic-arhitectural considerat, se regăsesc cele patru componente, fie în mod independent, fie cumulând, în cadrul aceluiași produs de construcție, mai multe componente. Acestea sunt prezentate în figura 7.37 și vor fi explicitate în detaliu în continuare.

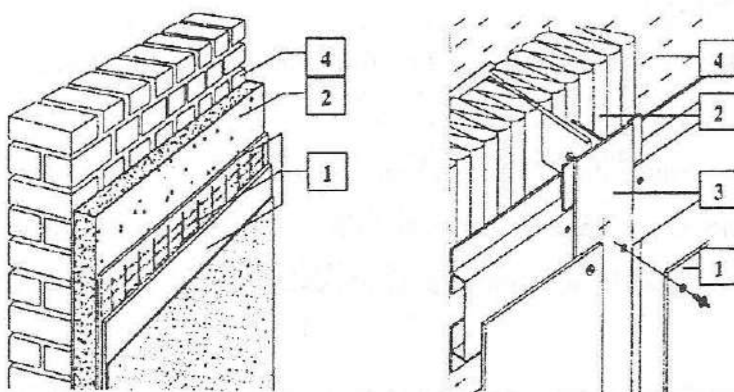


Fig. 7.37. Elemente definitorii pentru alcătuirea pereților-mantou:
1 – componenta de protecție exterioară, caracterizată printr-o mare diversitate de rezolvări conceptuale și tehnologice, atât pentru „anvelopă" cât și pentru prinderile acesteia pe componenta rezistentă; *2* – componenta termică, aplicată la exteriorul componentei rezistente, fără discontinuități de la un element la altul, pe întregul plan al fațadei; *3* – componenta-suport a protecției exterioare (componente de prindere și asamblare); *4* – componenta rezistentă (proprie sau integrată în sistemul structural al clădirii).

Componenta rezistentă. Aceasta poate fi:

a) în cazul fațadei structurale la clădiri cu zidărie portantă:

– zidărie din cărămidă plină de 25 cm;

– zidărie din cărămidă eficientă de 30 cm;

– zidărie din blocuri ceramice mari, de 25 cm;

– zidărie din blocuri de beton greu sau de greutate medie de 25 cm.

b) în cazul fațadelor structurale ale clădirilor având structura din beton armat:

– pereți structurali din beton armat, cu grosimea rezultată din considerente mecanice;

– pereți structurali din elemente de beton armat, monostrat, cu grosimea rezultată din considerente mecanice.

c) în cazul fațadelor nestructurale ale clădirilor cu structura din beton armat:

– zidărie din cărămidă plină de 12,5 cm, între elementele structurale din planul fațadei;

– zidărie din b.c.a. de 12,5 cm, între elementele structurale din planul fațadei;

– fâşii armate din b.c.a. de 15 cm grosime;

– panouri prefabricate monostrat din beton armat de 7-10 cm grosime, amplasate în fața elementelor structurale exterioare şi ancorate paraseismic de acestea.

Pentru tipul c) de componente rezistente este obligatorie verificarea prealabilă a rezistenței şi stabilității elementului de anvelopă în ansamblu, mai ales în cazul în care se prevăd ca finisaje placaje cu montare mecanică; în aceste situații, grosimile de pereți prevăzute la punctul c) vor fi corectate în conformitate cu rezultatele caracteristicilor mecanice ale materialelor de structură.

Componenta termoizolatoare. Izolarea termică a anvelopei poate constitui un important factor de reducere a pierderilor energetice prin suprafaţa acesteia.

Materialele folosite în acest scop trebuie să fie eficiente din punct de vedere termic; reprezentative sunt în general cele prezentate în tabelul 7.1.

Tabelul 7.1

Coeficienţii de conductivitate termică pentru materialele termoizolante uzuale

Material	Coeficient de conductivitate termică λ [W/mK]	
Vată minerală (VM)	0,030-0,035	În funcţie de tip şi producător
Vată de sticlă (VS)	0,032-0,038	În funcţie de tip (densitate) şi producător
Polistiren expandat (PEX)	0,029-0,035	În funcţie de tip şi producător
Poliuretan expandat (PUR)	0,026-0,030	În funcţie de tip şi producător
Polietilenă expandată (PE)	0,040-0,047	În funcţie de tip şi producător
Poliizocianurat expandat (PIC)	0,026-0,030	În funcţie de tip şi producător
Heraklith®*)		

*) Plăci tristrat cu miez din polistiren celular sau vată minerală şi feţe din fibre lemnoase acoperite cu ciment (documentaţie tehnică provenind de la firma Heraklith).

După cum se poate observa, diferenţele dintre materiale, din punct de vedere al valorii coeficientului de conductivitate λ, sunt nesemnificative.

Pentru utilizarea concretă a unuia sau altuia dintre aceste materiale, trebuie avute în vedere celelalte caracteristici definitorii, dintre care amintim: comportarea la foc, la umiditate, la trecerea sunetelor.

Comportarea la foc. Din acest punct de vedere, materialele termoizolatoare se comportă aşa cum se arată în tabelul 7.2.

Documentaţii de firmă (footnote) susţin o comportare interesantă la foc a produselor HERATEKA® (greu combustibil) şi TEKTALAN® (incombustibil). Totuşi, în absenţa unor buletine de analiză şi a unor agremente tehnice, aceste date pot fi considerate doar cu titlu informativ.

Tabelul 7.2

Comportarea la foc a materialelor termoizolatoare

Material	Temperatură de utilizare	Inflamabil	Combustibil	Degajare	
				Fum	Gaze toxice
PEX	<75°C	*	Combustibil	Da	–
PUR	90...130°C	**	Greu combustibil	Da	*** Unele tipuri
p.VM	<250°C	Neinflamabil****	Greu combustibil	Med	Nesemnificativ
p.VS	<250°C	Neinflamabil	Greu combustibil	Med	Nesemnificativ
PE	–30...+90°C	Inflamabil	Combustibil	Med	–
PIC	130°C	Caracteristici similare poliuretanului			

Note:

* Polistirenul se volatilizează la o temperatură medie de 80°C. Poate fi ignifugat, faptul care îmbunătățește comportarea.

** Poliuretanul poate fi ignifugat, ceea ce conduce la îmbunătățirea performanțelor sale, transformând spuma într-un material neinflamabil.

*** Poliuretanul nu degajă clorfluorură de carbon sau alte substanțe toxice, de tipul cianaților.

**** Plăcile de vată minerală au comportări diferite, în funcție de tipul de liant și de tipul de fibră (lungimea firului este un element determinant).

Comportarea la umiditate. Din punct de vedere al comportării la umiditate, componenta termoizolatoare trebuie să fie hidrofobă. Cercetări scoțiene, efectuate în ultimii zece ani, au pus în evidență că, în cazul plăcilor din vată minerală, groase de 2,5 cm, prin umezirea materialului cu 1% are loc o scădere a rezistenței termice a plăcilor cu 30%.

Pentru evitarea umezirii, plăcile din fibre minerale, cu densitatea aparentă $\rho = 150$ kg/m^3, sunt integral hidrofobizate. De asemenea, există sortimente cu folie de fibră de sticlă cașerată peste plăcile tratate inițial.

Un alt aspect al comportării la umiditate este difuzia vaporilor prin materialul termoizolant.

În vreme ce plăcile din vată minerală au coeficientul de permeabilitate la difuzie $\mu = 1{,}1$ g/m·h·mm Hg (sau 0,16 mg/m·h·Pa), polistirenul celular

... μ = 0,008 g/m·h·mm Hg (sau 0,03 mg/m·h·Pa), deci asigură rezistență mai mare la trecerea vaporilor de apă.

Poliizocianuratul (PIC) este folosit mai ales la izolarea termică a conductelor de instalații, dar calitățile sale îl fac potrivit a fi utilizat și în construcții, cu condiția să fie protejat împotriva umidității.

De asemenea, sunt utilizate și plăci HERAKLITH, din fibre lemnoase aglomerate cu lianți, cu condiția protejării acestora la umiditate.

Caracteristici „ecologice". Cerințele actuale de protejare a mediului înconjurător fiind foarte severe, orice material și produs de construcție trebuie caracterizat din punct de vedere „ecologic":

– *plăcile de vată minerală* acceptate ecologic (spre exemplu, ROCK-WOOL) sunt biosolubile, adică fibrele inhalate accidental în timpul procesului de producție sunt descompuse de celulele organismului uman. Degajările de gaze toxice în timpul unui incendiu nu pun în pericol sănătatea oamenilor. Plăcile rigide de vată minerală pot fi reciclate și din ele se pot realiza brichete;

– *plăcile din vată de sticlă* (spre exemplu, THERWOOLIN®) sunt, de asemenea, inerte chimic și, spre deosebire de unele tipuri de fibre minerale, contactul cu pielea nu produce disconfort;

– *plăcile din polistiren celular* sunt considerate a nu reprezenta o amenințare asupra mediului prin degajări de gaze sau emisii de substanțe nocive;

– *poliuretanul* folosit ca spumă termoizolatoare nu conține materiale toxice, cum ar fi clorfluorurile de carbon (CFC).

Caracteristici de izolare/absorbție acustică. Materialele care aduc o contribuție importantă la protecția împotriva zgomotului aerian sunt vata minerală și vata de sticlă. Figura 7.38 ilustrează proprietățile fonoizolante ale celor două materiale, conform ROCKWOOL.

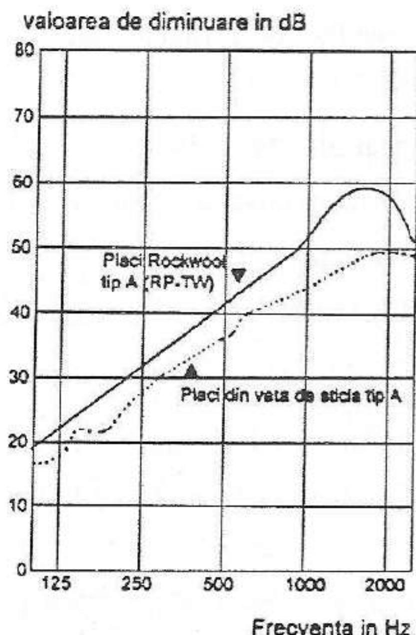


Fig. 7.38. Comparație între plăcile din vată minerală și plăcile din vată de sticlă, din punct de vedere al proprietăților fonoabsorbante, conform documentației ROCKWOOL.

Se constată că indicele de atenuare la zgomot I_a este, în funcție de grosimea plăcilor:

– 39 dB, pentru vată de sticlă de 200 mm;

– 44 dB, pentru vată de sticlă de 300 mm;

– 42 dB, pentru vată de sticlă de 190 mm;

– 47 dB, pentru vată minerală de 285 mm,

în condițiile în care aceasta este pozată pe placă din ghips-carton.

În alcătuiri de tip perete-mantou există și aportul peretelui însuși, care mărește mai mult performanța.

Componente de prindere și asamblare. Principial, este vorba despre câteva sisteme de solidarizare a componentelor termoizolatoare și de protecție și finisaj, pe componenta rezistentă sau pe componenta-suport a protecției exterioare.

Modul de fixare a termoizolațiilor pe peretele-suport este același, indiferent de tipul de finisaj al peretelui-mantou.

Ținând seama de componenta suport a protecției exterioare și de modul de *solidarizare și asamblare a acesteia în cadrul subansamblului* constructiv, în prezent se utilizează următoarele sisteme constructive pentru fixarea componentei de protecție și finisaj (fig. 7.39 și 7.40):

- direct pe elementul suport (componenta rezistentă), cu includerea unei izolații termice. Fixarea directă pe elementul de construcție, aparent sau mascat, se face cu mijloace mecanice (uzual, dibluri expandate, din plastic sau metal), fără spațiu de aer sau cu spațiu de aer;

- *pe un schelet: unidirecțional, cu includerea unei izolații termice;* bidirecțional, cu includerea unei izolații termice.

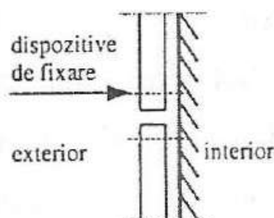


Fig. 7.39. Schemă privind sistemul de fixare directă a componentei de protecție și finisaj.

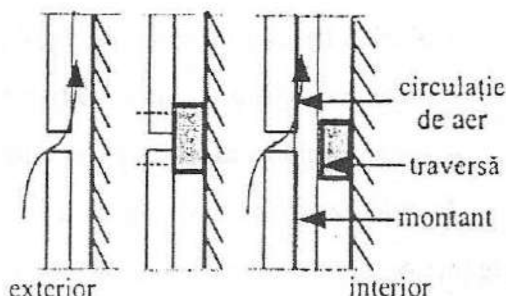


Fig. 7.40. Scheme privind sistemele de fixare pe schelet a componentei de protecție și finisaj.

Fixarea pe elementul de construcție se realizează:

- cu agrafe sau ancore de un schelet unidirecțional, alcătuit din montanți sau traverse, din lemn sau metal;

- cu agrafe sau ancore și schelet bidirecțional (montanți și traverse), din lemn sau metal.

În oricare din aceste cazuri, prinderea se poate face aparent sau mascat, cu agrafe, ancore sau șuruburi.

Componenta de protecție și finisaj. Cele mai utilizate tipuri de sub-ansambluri constructiv-tehnologice pentru realizarea componentei de protecție exterioară se clasifică în:

• sisteme „continue", în general sub formă de tencuieli umede:

– dublaje termoizolante finisate cu tencuieli subțiri;

– dublaje termoizolante finisate cu tencuieli hidraulice (pe bază de mortare tradiționale, cu liant de ciment);

• sisteme „discontinue"

– placaje montate direct pe peretele suport;

– prefabricate complexe (cu termoizolație și finisaj incluse) „vêture" în terminologia francează;

– placaje fixate mecanic, „vêtages", în terminologia franceză;

– placaje subțiri din piatră, cu fixare mecanică.

– subansambluri exterioare din zidărie cu alcătuire complexă.

În cele ce urmează vor fi analizate, la nivel de principiu, sub aspectul exigențelor, câteva soluții moderne de anvelope verticale.

7.9.3. Tencuieli exterioare subțiri, aplicate pe dublaje termoizolante

Tencuielile exterioare subțiri sunt aplicate pe dublaje termoizolante (EIFS – în terminologia americană, ETICS – în terminologia britanică). S-au dezvoltat în Europa, în ultimii circa 30 de ani, ca sistem de finisare a suprafețelor realizate din zidărie sau beton.

Aceste sisteme pot fi utilizate la fațadele clădirilor, noi sau existente, care nu depășesc 20 m înălțime. În America de Nord, ele au fost adaptate pentru a putea fi montate și pe pereți exteriori ușori, realizați pe schelet din metal sau lemn, cu fețe din plăci pe bază de ipsos sau ciment.

În cele ce urmează, vom numi aceste sisteme TEST (Tencuieli Exterioare Subțiri aplicate pe Termoizolație).

Elemente constitutive ale subansamblului tehnologic sunt prezentate în figura 7.41.

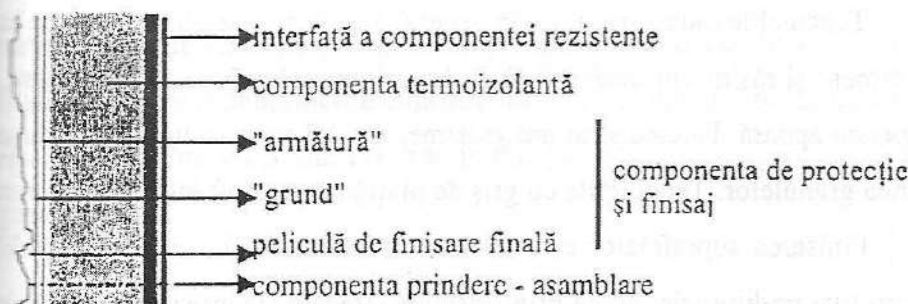


Fig. 7.41. Elementele constitutive ale sistemului TEST.

Componenta de protecție și finisaj. Asigură răspunsul la cerințele de rezistență și stabilitate ale elementelor componente ale interfețelor cu mediul (exterior și interior), siguranță în exploatare, siguranță la foc, igienă, sănătatea oamenilor, refacerea și protecția mediului, izolație hidrofugă și contribuie la protecția împotriva zgomotului, precum și la economia de energie.

În cazul acestor subansambluri tehnologice de pereți-mantou, componenta de protecție și finisaj este de tip tencuială.

Pentru aplicarea sistemului de tencuială pe dublaj termoizolant, este necesară o pregătire prealabilă a elementului suport (componenta rezistentă), suprafața acestuia trebuind să fie coezivă (la clădiri existente supuse reabilitării, se vor îndepărta părțile de finisaj care se desprind), plană și curată (fără praf și depuneri); reparațiile se vor executa cu cel puțin trei zile înaintea începerii lucrărilor de montare a termoizolației.

7.9.4. Tencuieli, paste şi pelicule de finisare

Tencuieli cu lianţi hidraulici sau silicaţi şi adaosuri de răşini sintetice. Aceste sisteme netradiţionale sunt alcătuite dintr-o tencuială mono sau bistrat, aplicată pe stratul termoizolant.

Tencuielile monostrat sunt, în general, sub formă de praf / pudră pe bază de ciment şi răşini vinilice/acrilice şi de nisipuri calcaroase sau silicioase, în dispersie apoasă. Fiecare strat are grosimea de 2-3 mm, în funcţie de dimensiunea granulelor. Tencuielile cu griş de piatră au grosimi între 4 şi 12 mm.

Finisarea suprafeţelor este similară modului de finisare a tencuielilor decorative tradiţionale, adică prin drişcuire, frecare (la grosimi ale tencuielii variind între 2 şi 10 mm), prin prelucrări mecanice (la grosimi ale tencuielii variind între 8 şi 14 mm).

Reţeta de preparare cuprinde răşini vinilice/acrilice în proporţie de 5-15%, ciment în proporţie de 0-35%, 50-90% material de umplutură şi pigmenţi. Modul de finisare finală este o pastă preparată sau, posibil, o tencuială cu griş de piatră. Răşinile sintetice şi aditivii hidrofugi conferă acestor tencuieli calităţi sporite în ceea ce priveşte: aderenţa bună la suport, permeabilitatea foarte bună la vapori, impermeabilitate sporită la apă, elasticitate mai mare. De asemenea, adaosurile de perlit, fibre minerale etc. conferă unele proprietăţi termoizolante tencuielilor. Aplicarea tencuielilor pe bază de silicat de sodiu impune protejarea elementelor adiacente din metal sau sticlă, datorită acţiunii corozive asupra acestora, silicatul de sodiu având un caracter puternic alcalin.

7.9.5. Paste cu lianţi organici

Componenta de protecţie şi finisaj trebuie să poată prelua dilatări şi contracţii datorate variaţiilor climatice, fără desprinderea de suport.

De asemenea, permeabilitatea la difuzia vaporilor și impermeabilitatea la apă sunt importante criterii de performanță. De aceea, în mod curent, se folosesc tencuieli pe bază de elastomeri, cu adaosuri acrilice, polivinilice, sau cu alți lianți organici și cu aditivi hidrofobizanți.

Materialele din care sunt realizate aceste tencuieli sunt: lianți organici sintetici, agregate (marmură concasată și siliciu, cuarț, carbonat de calciu cristalizat etc., cu granulometrie cuprinsă între 0,5-1 mm și 3 mm), materiale inerte (mică, fibre etc.), aditivi (fungicizi, plastifianți, stabilizatori etc.), pigmenți.

7.9.6. Tencuieli subțiri (paste) pe bază de rășini siliconice

Se bazează pe o combinație de lianți, din rășini siliconice și o altă rășină sintetică în dispersie apoasă. Acestea au permeabilitate mare la vaporii de apă, cuprinsă, de regulă, între cea a mortarelor minerale și cea a mortarelor pe bază de lianți sintetici. Coeficientul de absorbție de apă prin capilaritate are o valoare scăzută, datorită rășinii acrilice în dispersie, adăugate, ca și datorită amorsei.

Se poate avea în vedere și o finisare ulterioară a tencuielii subțiri cu diferite tipuri de *vopsele* în dispersie apoasă.

7.9.7. Vopsitorii cu vopsele silicatice

Acestea au o permeabilitate mare la vaporii de apă, dar sunt caracterizate printr-o absorbție mare de apă, rezistență mică la agenți atmosferici, tendință de decolorare, posibilă cretare până la erodare completă, atunci când sunt așezate pe suprafețe mult expuse la ploi și vânt, aderă numai pe suprafețe minerale. În cazul utilizării de adaosuri (*max.* 5%) de rășini sintetice

în dispersie, comportamentul la absorbția apei se îmbunătățește. Această deficiență poate fi ameliorată prin hidrofobizarea ulterioară a suprafețelor. Pigmenții utilizați sunt obligatoriu minerali. Au aspect mat.

7.9.8. Vopsitorii cu vopsele pe bază de rășini sintetice

Acestea sunt vopsele pe bază de rășini acrilice sau polivinilice, cu rezistență mărită la apă și permeabilitate la vapori mai redusă. În general, vopselele pe bază de rășini acrilice sunt mai rezistente.

7.9.9. Vopsitorii pe bază de rășini siliconice în dispersie apoasă

Prin performanțele lor, ele se situează între vopselele silicatice și cele pe bază de rășini sintetice în dispersie.

Aceste tipuri de pelicule au multiple calități: o bună permeabilitate a vaporilor de apă, absorbție de apă prin capilaritate foarte mică, aderență pe orice tip de suport (mineral sau organic), aspect asemănător cu al celor minerale (mat).

7.9.10. Rețeaua de armare

Rețeaua de armare este în funcție de tipul de liant folosit în cadrul componentei de protecție.

Pentru tencuielile cu mortare hidraulice, rețeaua poate fi metalică, galvanizată sau din fibre de sticlă sau fibre mixte, protejate împotriva compușilor alcalini din mortarul cu ciment printr-o peliculă din material plastic.

Pentru tencuieli (paste) și pelicule subțiri, rețeaua de armare este realizată din fibră de sticlă sau din fibre organice (polipropilenă, poliester).

Acestea se livrează în suluri de 50 m, late de 1 m. Pentru împiedicarea apariției fisurilor/crăpăturilor diagonale în tencuială, la colțurile deschiderilor, diagonal, se prevăd fâșii de țesătură din fibră de sticlă, cu dimensiunea de 20-3 × 40-50 cm.

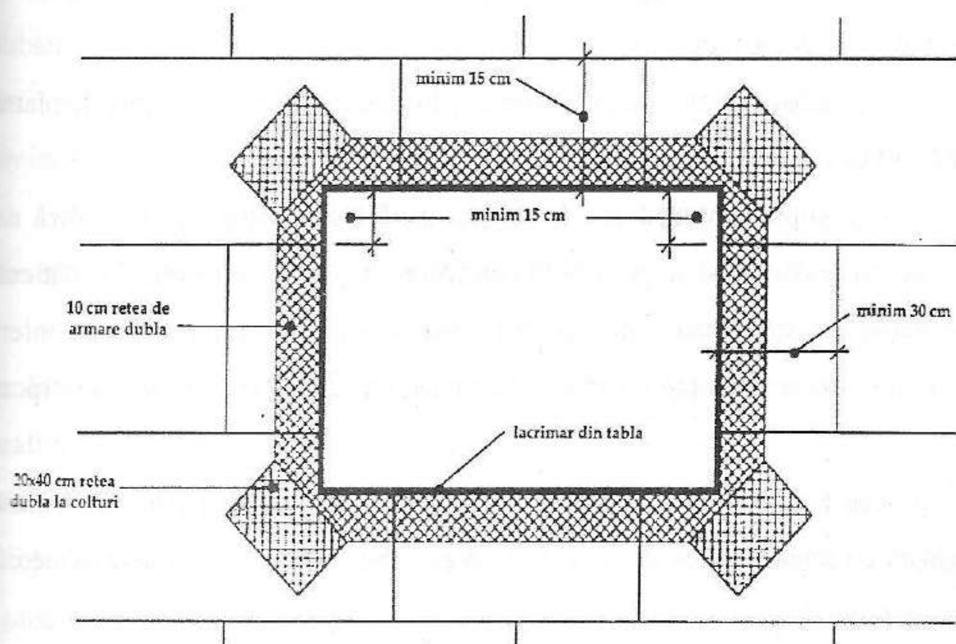


Fig. 7.42. Armarea sistemului TEST în zona unei ferestre.

Zonele de suprapunere ale țesăturii vor fi de minimum 10 cm, iar la racordarea cu glafurile, fâșiile de țesătură vor avea lățimea de 25 cm, pentru asigurarea unei mai bune protecții a colțurilor.

În scopul asigurării unei mai bune rezistențe mecanice, precum și pentru asigurarea acurateței imaginii, la colțurile ieșinde se prevăd profile din aluminiu, cu fâșii de țesătură de fibră de sticlă de 10 cm lățime, lipite pe profil, care se fixează cu mortare adeziv pe suport.

Alte accesorii și produse recomandate de firmele din domeniu sunt pentru realizarea elementelor de protecție a muchiilor tâmplăriilor (inclusiv

prevederea de lăcrimare pentru îndepărtarea apelor pluviale), precum și profilele de soclu, care au atât rol funcțional (susțin la partea inferioară termoizolația) cât și estetic (asigură o margine inferioară cu geometrie controlată).

Observație. Pentru prevenirea deteriorărilor datorate șocurilor mecanice (lovituri) în zona soclurilor:

– se folosesc tencuieli rezistente la lovire, tip *marmoroc* (griș de piatră și lianți din rășini sintetice);

– se suplimentează sau întărește armătura din țesătură de fibră de sticlă, cu țesătură cu rezistență la întindere de trei ori mai mare decât cea normală; această armătură pozată pe o armătură clasică are scopul de a conferi sistemului o rezistență superioară la șocuri mecanice provocate de corpuri dure;

– se folosește altă tehnologie pentru finisarea acestei zone (tencuială armată cu rețea de bare de oțel și plasă de rabiț, diferite tipuri de placaje cu montaj umed sau uscat).

Componenta de izolare termică. Pentru izolația termică a acestui tip de subansambluri, mai sunt necesare câteva precizări:

– sunt recomandate materiale ușoare, cu masă volumică mică;

– aderența pe suport se realizează în două moduri:

• prin lipirea în puncte cu un adeziv compatibil pe peretele-suport (soluție valabilă în câmp curent, la clădiri mici) și care nu constituie punte termică;

• prin fixare cu dibluri (de plastic) cu rozetă, pentru împiedicarea smulgerii datorate sucțiunii (soluție posibilă în câmp curent, la clădiri cu înălțimea de până la 10 m, și obligatoriu pe perimetrul clădirii și în zonele avansate sau cu retrageri, pentru asigurarea rezistenței la sucțiune).

Plăcile din polistiren şi plăcile din vată minerală integral *hidrofobizate* sunt cel mai frecvent folosite.

Plăcile de polistiren celular sunt de dimensiuni mari, respectiv, 1000-1200 × 500-600 × 30-120 mm; greutatea specifică este de circa 15-17 kg/m^3. Ele trebuie să fie detensionate; de asemenea, pentru socluri şi pentru partea subterană a clădirii, este necesară utilizarea plăcilor de polistiren extrudat (mai rezistent, datorită tehnologiei de fabricaţie, la şocuri mecanice şi la umiditate).

Plăcile din fibre minerale, cu densitatea aparentă ρ = 150 kg/m^3, au dimensiuni uzuale de 1200 × 200 mm sau 800 × 625 mm.

Componente de prindere şi asamblare. Sistemul de fixare al termo-izolaţiilor de peretele-suport, care constituie componenta rezistentă, este realizat fie prin lipire pe suport cu un mortar adeziv, fie cu mijloace mecanice, cu şuruburi în dibluri de plastic (polietilenă sau polipropilenă). Diblurile au capul evazat în formă de rozetă, cu diametru între 50 şi 90 mm. Lungimea diblului este în funcţie de grosimea stratului izolant, astfel încât să penetreze suportul pe o adâncime de 30-40 mm.

Se consideră optimă fixarea în 7-10 puncte/m^2; materialul din care se realizează diblul trebuie să fie compatibil chimic cu termoizolaţia.

Nu este admis contactul între polistirenul expandat şi oţelul neprotejat anticoroziv.

Componenta rezistentă trebuie să asigure rezistenţa şi stabilitatea sistemului peretelui exterior la solicitări mecanice previzibile în exploatare (solicitări rezultate din greutatea proprie, vânt, seisme).

Condiţii de durabilitate. Comportarea în timp a acestor subansambluri s-a dovedit satisfăcătoare în cazul soluţiilor *de firmă*, cu detalii atent elaborate şi experimentate, dacă suportul (componenta rezistentă a anvelopei) a

fost realizat conform unei tehnologii tradiționale (pereți din blocuri de zidire sau beton). De altfel, acesta este sistemul constructiv cel mai răspândit în Europa. Trebuie menționat că, de-a lungul celor trei decenii de utilizare a sistemelor TEST, degradările constatate în practică au fost cercetate și producătorii consacrați au propus soluții și accesorii pentru situațiile curente din practică. De asemenea, cercetări americane și canadiene au analizat cauzele principalelor degradări și au stabilit modul de prevenire a acestora.

Se constată că o bună parte a degradărilor se datorează necunoașterii și neutilizării tuturor detaliilor și accesoriilor recomandate de producător, în favoarea unei *economii* a costurilor de investiție; o responsabilitate în ceea ce privește buna comportare în timp îi revine și firmei executante care, tot din necunoaștere sau din dorința de reducere a costurilor sau a timpului de execuție, „sare" peste etape. Rezultatul este, după cum se vede în figura 7.43, jalnic, iar costurile pentru reparații depășesc *economiile* inițiale.

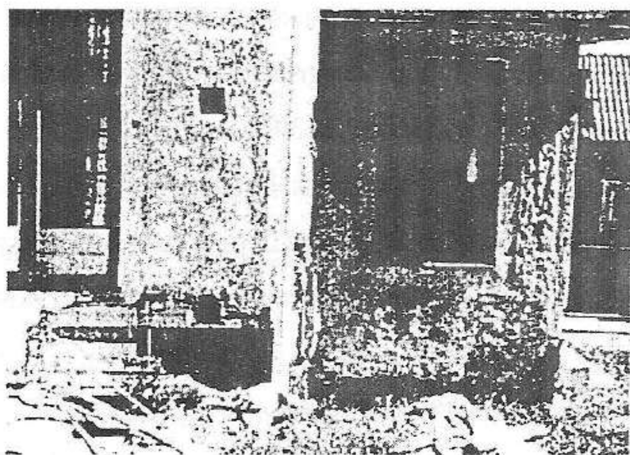


Fig. 7.43. Degradări ale sistemului TEST, în zona soclului.

Principalele degradări ale sistemului TEST se prezintă în continuare:

• *Crăpături în stratul de finisaj.* Acestea pot favoriza penetrarea apei de ploaie în interiorul alcătuirii și umezirea acesteia. Cauzele apariției crăpăturilor

pot fi multiple: de la diferențe de calitate ale plăcilor termoizolante, abateri dimensionale sau grosimi diferite ale termoizolației, până la punerea ei defectuoasă în operă, cu rosturi între plăci sau lipirea necorespunzătoare pe suport a acesteia. De asemenea, s-a constatat că prevederea adezivului în exces, dincolo de marginile plăcilor termoizolante, reprezintă o sursă de pericol potențial pentru apariția crăpăturilor în finisaj, având în vedere că nu se asigură condiția de continuitate a izolației. Montarea plăcilor de termoizolație cu fugurile decalate reduce de asemenea riscul de apariție a crăpăturilor în stratul de finisaj (fig. 7.43). O condiție pentru asigurarea comportării optime a sistemului este și asigurarea continuității stratului de armare.

Prevederea și montarea corectă a accesoriilor pentru protecția colțurilor, prezentate anterior, reduc riscul apariției crăpăturilor în aceste zone.

Inserarea de profile cu caracter estetic reprezintă, de asemenea, o potențială sursă de apariție a crăpăturilor în stratul de finisaj. La schimbări de planuri sau în cazul inserării unor profile decorative, continuitatea stratului de protecție și finisaj se rupe și, în aceste zone particulare, se impune luarea de măsuri speciale de protecție în proiectarea de detaliu (asigurarea continuității *armării* termoizolației pe canturi, dacă nu se prevăd profile speciale, ranforsare suplimentară cu fâșii din țesătură de fibră de sticlă în zonele de schimbare de plan etc.) precum și în execuție (utilizarea dispozitivelor corespunzătoare pentru punerea în operă a sistemului).

În ceea ce privește racordarea în zonele cu uși și ferestre, pentru reducerea numărului de rosturi datorate întoarcerii termoizolației în zona colțurilor, este recomandat ca plăcile termoizolante să aibă forma de L. În afară de faptul că termoizolația trebuie întoarsă pe grosimea golului până în dreptul elementului de tâmplărie, este necesară luarea unor măsuri de micșorare a eforturilor. Se prevede o *armare* suplimentară, diagonală, în zona colțurilor, așa cum s-a arătat anterior.

Prevederea de rosturi de mişcare şi dilatare este importantă mai ales în cazul utilizării pastelor pentru realizarea componentei de protecţie şi finisaj (deci, a unor materiale cu grosimi mai mari). Alinierea rosturilor de mişcare cu ancadramente de fereastră, glafuri sau tocuri, poate conduce la apariţia de crăpături în stratul finit, întrucât acestea sunt zone de concentrare a eforturilor. Este recomandată separarea fizică a celor două tipuri de rosturi.

Cercetătorii americani recomandă prevederea de accesorii (cordoane vinilice, profile metalice sau vinilice etc.) care să permită mişcarea independentă a faţadei în raport cu elementele de construcţie, sau care să separe faţada în câmpuri de cel mult 14 m^2, pentru preluarea dilatărilor acesteia. Un factor care contribuie la asigurarea durabilităţii şi în acest caz este corectitudinea execuţiei sistemului.

• *Degradări ale suprafeţelor.* Având în vedere că alcătuirea componentei de protecţie şi finisaj presupune aplicarea succesivă a mai multor straturi, există numeroase ocazii pentru realizarea defectuoasă a acesteia.

Aplicarea *grundului* se face în conformitate cu specificaţiile producătorului. Un strat prea subţire, probabil că nu va asigura protecţia împotriva umezelii sau a atacului compuşilor alcalini. În general, grundul se realizează direct pe şantier şi, de aceea, respectarea reţetelor este esenţială pentru buna aderenţă pe suport; astfel, o cantitate prea mică de apă poate conduce la obţinerea unui material de grunduire prea rigid şi casant, care favorizează apariţia crăpăturilor, în vreme ce o cantitate prea mare de apă reduce substanţial proprietăţile stratului. Însorirea excesivă a suprafeţei poate de asemenea să provoace apariţia crăpăturilor în tencuială.

Degradarea *tinciului* are drept cauze principale acţiunea radiaţiilor ultraviolete (îmbătrânirea materialului) şi a celor infraroşii (însorirea excesivă). Expunerea faţadelor la condiţii de umiditate continuă va determina apariţia

de microorganisme și ciuperci pe suprafața finită a sistemului TEST; de aceea, în *zona soclurilor clădirii se recomandă utilizarea unor sisteme de* protecție și finisaj rezistente la umiditate.

În sfârșit, compuși chimici ai tinciului se pot oxida în contact cu aerul exterior și pot forma pete, care vor străpunge și straturile de acoperire ulterioară.

- *Degradări datorate șocurilor de impact.* Cauzele pot fi multiple și este indicat ca acestea să se poată prevedea de la faza de proiectare, pentru a se alege varianta corespunzătoare de *grund*, *tinci* și / sau *armătură*.

- *Etanșări necorespunzătoare.* Pentru eliminarea posibilității de infiltrare a aerului, a umidității sau a altor agenți ai mediului exterior, este necesară etanșarea anvelopei. Zonele critice sunt reprezentate de diferite racordări – cu ferestre și uși, cu alte tipuri de finisaje sau cu alte zone ale anvelopei (socluri, ganguri, acoperișuri) – precum și de existența și corectitudinea conformării și execuției rosturilor de etanșare.

- *Desprinderi ale ansamblului sistemului.* Cauza principală a acestor desprinderi este legătura slabă dintre termoizolație și componenta de protecție și finisaj. O cantitate sau o calitate necorespunzătoare a adezivului poate determina desprinderea izolației; de asemenea, aplicarea necorespunzătoare a adezivului, în straturi inegale, poate conduce la același efect. Firme de specialitate recomandă și o gamă de scule și mașini pentru aplicarea optimă a straturilor. Utilizarea sau amplasarea necorespunzătoare a dispozitivelor de prindere și solidarizare poate, de asemenea, determina desprinderea sistemului. Prevederea în condiții improprii a sistemului TEST constituie, de asemenea, un factor favorizant pentru o slabă performanță a acestuia.

În SUA și Canada, aplicarea TEST pe sisteme constructive ușoare, cu schelet din lemn sau metal, a condus la apariția unor deteriorări specifice ale

fațadei, fapt care a avut drept consecință utilizarea acestor sisteme cu mai multă prudență. În Europa, aplicarea TEST pe pereți exteriori cu alcătuire ușoară nu este o soluție curentă.

Prezentăm în cele ce urmează concluziile unor cercetări americane, deoarece se tinde spre utilizarea sistemelor de pereți exteriori ușori și în România.

Cea mai importantă cauză care determină degradări până la nivelul peretelui-suport este pătrunderea umidității în spatele finisajului, fapt care poate conduce la deteriorarea scheletului de susținere a peretelui ușor. Vom elimina soluțiile inadecvate pentru realizarea pereților, de tipul plăcilor de ghips-carton aplicate la exterior, deoarece niciun producător serios de astfel de plăci nu recomandă prevederea acestora în contact cu mediul exterior. Aplicarea sistemului pe plăci din ghips-carton este total contraproductivă; cartonul se umezește și ansamblul anvelopei verticale opace se deteriorează.

În principiu, adaptarea conceptului de ecran pluvial la sistemele constructive cu alcătuire ușoară reprezintă cheia problemei. După cum s-a precizat anterior, sistemele de ecrane pluviale presupun canale deschise între exterior și peretele-suport (componenta rezistentă) etanșe. Deoarece între aerul exterior și spațiul intermediar de aer are loc o egalizare a presiunilor, apa nu va avea tendința de infiltrare în alcătuirea peretelui.

Teoretic, lucrurile sunt rezolvabile; practic, există mai mulți factori care le fac greu de stăpânit:

– TEST reprezintă un sistem realizat în *situ*, cu alcătuire secvențială, în care amplasarea sistemului de canale este greu de precizat și de realizat;

– TEST este, de asemenea, un sistem realizat manual, ceea ce implică o discutabilă precizie a execuției elementelor de detaliu, cum ar fi barierele împotriva aerului;

– TEST este cel *mai ieftin* sistem de pereți-mantou, iar includerea unor dispozitive complexe de ecrane pluviale le-ar face neinteresante din punct de vedere al prețurilor.

Încercările de asigurare a performanțelor cerute în condițiile date (sisteme de pereți ușori pe schelet de susținere) au condus la următoarele concluzii:

– este necesară prevederea unei bariere împotriva aerului, realizată dintr-un strat aplicat cu mistria, pe plăcile care delimitează fața exterioară a peretelui, în dreptul rosturilor și la colțuri, bariera împotriva aerului se întărește pentru mărirea etanșării, cu benzi adezive flexibile;

– este necesar să se prevadă posibilitatea de circulație a aerului în cadrul acestor compartimente; pentru termoizolațiile din plăci de polistiren celular sau extrudat, realizarea unor canale de ventilație nu reprezintă o problemă majoră;

– este necesară compartimentarea peretelui; fiecare compartiment trebuie să fie etanș în raport cu celelalte; în cadrul fiecărui compartiment se prevăd ventilații, vizibile pe fațadă, pentru a se asigura intrarea/ieșirea aerului în/din compartiment;

– în cazul utilizării termoizolațiilor din plăci de vată minerală, prevederea de orificii pentru circulația aerului în profilele suport reprezintă o posibilitate de circulație a aerului în termoizolație și deci de egalizare a presiunilor.

Comportarea la solicitări extraordinare (de pildă, la cutremure) reprezintă o problemă în sine; în cazul tencuielilor pe dublaje termoizolante trebuie ținut cont de modul de aplicare a stratului termoizolant, a stratului de protecție, de elasticitatea rețelei de armare, de prinderea acesteia (distanțe, mod de prindere) precum și de elasticitatea finisajului.

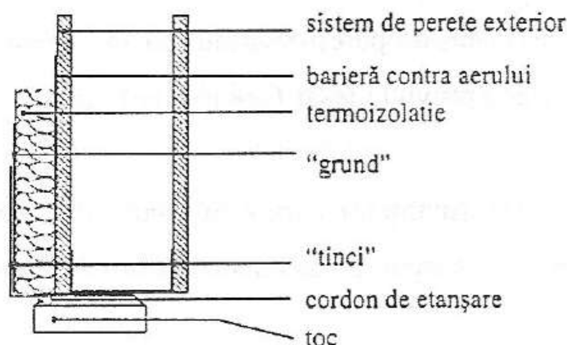


Fig. 7.44. Schemă pentru TEST.

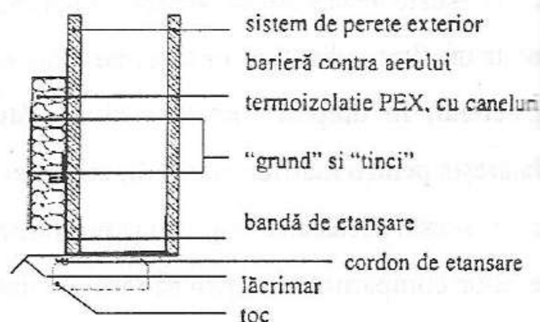


Fig. 7.45. Schemă pentru TEST cu termoizolație din polistiren expandat cu caneluri.

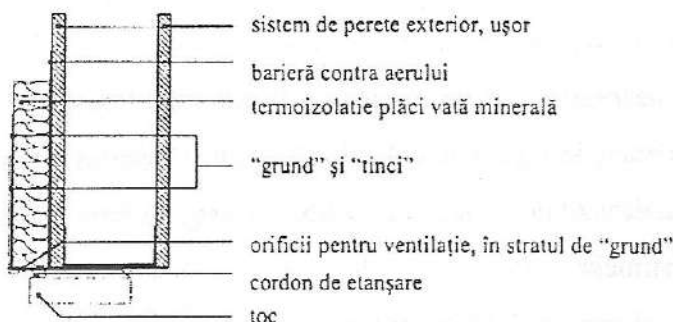


Fig. 7.46. Schemă pentru TEST cu termoizolație din plăci de vată minerală.

7.9.11. Pereți-mantou cu placaje montate mecanic

Țările Europei Occidentale au perfecționat aceste sisteme de anvelope, care asigură performanțe notabile în ce privește confortul (higrotermic, acustic etc.), aspectul, precum și în legătură cu economisirea energiei, reducerea emisiilor poluante etc.

Din punct de vedere cronologic, inițial au apărut placajele fixate direct pe elementul de construcție, aparent sau mascat, cu mijloace mecanice. Ideea solidarizării punctuale pe componenta rezistentă s-a concretizat inițial la montarea placajelor cu tehnologie uscată; din ea au derivat rezolvări pentru fixarea unor soluții de pereți-mantou.

Din punct de vedere al vitezei de execuție, sistemul de fixare mecanică are calități de necontestat; cu cât plăcile sunt de dimensiuni mai mari cu atât viteza de execuție crește.

Din punct de vedere al performanțelor termotehnice, toate variantele de pereți-mantou cu componenta de protecție și finisaj realizată cu placaje asigură sensibil aceleași rezultate, diferențele apărând mai ales în ceea ce privește aspectul și prețul.

După modul de tratare a rosturilor, sistemul de fațadă este etanș sau ventilat. S-a constatat că, indiferent de cât de bine este etanșat rostul sau cât de bun (performant) este materialul de etanșare, cu trecerea timpului apar desprinderi sau fisuri ale acestuia, datorate efectelor radiațiilor ultraviolete (îmbătrânirea mortarelor sau chiturilor), precum și variațiilor de temperatură vară-iarnă.

Dacă la aceste cauze obiective ale degradărilor se adaugă o proastă punere în operă, pericolul de infiltrare a umidității prin crăpături și fisuri crește.

Egalizarea presiunii aerului între exterior și spațiul dintre placaj și izolația termică (spațiul intermediar) este favorizată de existența fisurilor în finisaj. În cazul fațadelor etanșe, aerul încărcat cu umiditate, infiltrat prin fisuri, ajunge în spatele finisajului. Această umiditate rămâne captivă în spațiul intermediar, ducând la degradări suplimentare (pete de fațadă, condensuri, posibile degradări ale panourilor).

Asigurarea circulației aerului în spatele placajului este importantă, deoarece contribuie la egalizarea presiunilor pe cele două fețe opuse ale acestuia.

Aerul transportă umiditate prin crăpături sau neetanșeități în zone considerate închise ermetic și care au presiune diferită de cea a aerului exterior.

Ecranul pluvial reduce diferența de presiune a aerului la nivelul învelișului exterior al clădirii, prin intermediul fantelor sau rosturilor deschise, transferând această diferență la nivelul peretelui propriu-zis.

7.9.12. Elemente constitutive ale subansamblului tehnologic

Un astfel de sistem este alcătuit din elemente de tip plăci, fixate fie direct pe componenta rezistentă a anvelopei, fie pe un schelet, la rândul lui fixat pe suport.

7.9.12.1. Componenta de protecție și finisaj

Materiale pentru placaje și performanțe ale acestora. Ultimii ani au cunoscut o adevărată *explozie* de placaje. Sedii de bănci, mai ales, dar și magazine, și chiar locuințe particulare țin să dovedească puterea financiară de care se bucură proprietarii acestora. Au devenit aproape *familiare* imaginile blocurilor anterior realizate, cu coloane și volute, tencuite cu praf de piatră, ale căror partere și mezanine sunt astăzi placate.

Este evident că din *piatră naturală* nu pot fi realizate nici plăci de dimensiuni mari, nici plăci subțiri. Greutatea materialului natural induce o sarcină importantă asupra componentei rezistente, care trebuie dimensionată, ca material, alcătuire și grosime, astfel încât să nu fie posibilă deteriorarea acesteia sau desprinderea plăcilor. De asemenea, componenta de prindere-solidarizare (scheletul pe care sunt fixate plăcile și dispozitivele de solidarizare

acestuia pe peretele-suport) este aleasă în concordanță atât cu tipul de componentă rezistentă, cât şi cu cel de material de protecţie-finisaj.

Cu cât materialul *de faţă* este mai *complex*, realizat cu tehnologii noi şi astfel distanţându-se de cel natural, cu atât greutatea sa scade, fiind întâlnite plăci şi fâşii de dimensiuni mari (până la 16 mm înălţime, în prospectul fabricantului, în condiţiile unei greutăţi de sub 5 kg/m^2). Pe de altă parte, cu cât plăcile sunt mai mari şi mai uşoare, aspectul lor se îndepărtează din ce în ce mai mult de cel tradiţional, găsindu-şi locul fie în categoria placajelor cu aspect metalic, fie în aceea a materialelor plastice.

În tabelul 7.3 este realizată o sinteză a tipurilor de plăci, din punct de vedere al materialelor şi caracteristicilor lor geometrice, aşa cum rezultă ele din fişele tehnice studiate.

Plăcile din piatră naturală sunt mai ales din calcar, marmură şi granit. Este necesar să fie cunoscute atât comportamentul sorturilor de piatră în contact cu exteriorul, precum şi modul de comportare în legătură cu tipul de liant folosit.

Plăcile din piatră reconstituită, aglomerată cu răşini sintetice de tipul epoxidicelor, sunt produse în străinătate sau în România, pe baza unor tehnologii străine.

Plăcile din piatră artificială, arsă (plăci ceramice), au performanţe superioare în ceea ce priveşte comportarea sub acţiunea agenţilor de mediu şi a şocurilor mecanice, precum şi game dimensionale mult mai variate (până la 1,20 m × 1,20-1,60 m). În România există deja o tradiţie în fabricarea plăcilor ceramice (gresie, faianţă), dar ale căror dimensiuni şi performanţe nu ies din comun. Există şi produse ceramice cu caracteristici superioare.

Tabelul 7.3

Caracteristici geometrice pentru placaje uzuale

Materiale uzuale pentru plăci	**Dimensiuni [mm]**	**Grosimi [mm]**
1	**2**	**3**
	Piatră naturală	
Marmură, granit, calcar	300×300 - 600×600 În funcţie de duritatea pietrei	15 - 50 idem
	Piatră reconstituită	
Aglomerate cu răşini sintetice	300×300 - 600×600	8 - 12
	Piatră artificială	
Arsă Plăci ceramice din gresie porţelanată	300×300 - 1200×1200	8 - 12
Nearsă Prefabricat din similipiatră Prefabricate din beton	300×300 - 900×900 600×100	11 - 50 30
	Metal	
Plăci din tablă plană, ambutisată: – oţel vopsit – oţel corten – aluminiu	> 1000	4 6 6
Plăci din tablă profilată: – oţel – aluminiu	>1000	0,7 - 1,2 4
Elemente liniare profilate	300×4000 - 9000	0,6
Panouri din tablă de aluminiu ambutisată sau cu schelet propriu		1 - 5
Cu miez „fagure" şi faţă din foi de tablă	2000 - 6000	3 - 4,8
	Lemn	
Solzi, plăci plane	300×300 - 1000	6
	Plăci eternit	
Solzi, plăci plane sau profilate	300×300 - 1000	4 - 6
	Fâşii şi plăci din material plastic	
Plane sau profilate	300 - 1000	0,8 - 1
	Materiale complexe	
Plăci din piatră subţire lipite pe miez metalic tip „fagure"	100×100 - 240×100	15 - 25

Tabelul 7.3 (continuare)

1	2	3
Plăci/fâşii „sandvici" cu fețe metalice şi umplutură din spume expandate: PUR, PEX, poliizocianurat ş.a.	500 - 1000 × 16000 *max*	25-50-80
Plăci cu fețe metalice şi miez polimeric şi pe bază de hidroxid de aluminiu	320÷(8000)*× ×1000/1250/1500/(1575)	3-4-6-8
Plăci laminate la presiune înaltă, din fibre celulozice şi miezuri pe bază de răşini sintetice (HPL)	2140×1060** 2800×1300/1850 4100×1300	6-8-10

Note:

* Datele provin de la firma ALUCOBOND; dimensiunile prezentate în paranteză se obțin la comandă.

** Datele provin de la firma MAX ISOVOLTA .

Țiglele pentru fațadă, presate şi calibrate, pentru a-şi păstra caracteristicile, rezistența la agenții de mediu, comportarea în timp şi nu în ultimul rând, culoarea naturală, de ceramică arsă, constituie pentru fațade un material interesant, utilizat mai ales în Germania.

Plăcile ceramice pentru fațade de mari dimensiuni, cu calități superioare (compatibile cu ale granitului din punct de vedere al rezistenței la şoc termic, mecanic, umiditate etc.), nu se produc în România, dar sunt importuri masive din Italia, Grecia, Spania, Franța, Germania ş.a.

Ele trebuie să reziste la intemperii (cicluri îngheț-dezgheț) şi să aibă o absorbție de apă de sub 3%.

Preluând denumirea italienească de *gresie porțelanată*, acest tip de plăci ceramice are performanțe superioare în ceea ce priveşte rezistența mecanică (similară granitului) şi permite obținerea unor grosimi reduse ale placajului (8 mm). Permeabilitatea foarte redusă la difuzia vaporilor poate pune problema modului de evacuare a umidității remanente şi, cu atât mai mult, a prevederii unor zone pentru a asigura respirația peretelui. Materialele

care stau la baza fabricării acestui produs sunt: argilele (caolinul) și feldspații, adaosurile de culoare colorând masa produsului. Rezistența mare a plăcilor derivă din faptul că, înainte de realizarea presării, amestecul se deshidratează. Temperatura de coacere este de peste 1200°C, fapt care de asemenea conferă produsului calități superioare.

Tendințele ultimilor ani în producția de plăci ceramice pentru fațade se referă mai puțin la creșterea dimensiunilor sau a rezistențelor mecanice ale plăcilor, cât mai ales la modul de întreținere – sau autoîntreținere – a acestora, în contextul reducerii poluării globale și al consumului rațional de resurse naturale. Astfel, o fațadă care *se autoîntreține* implică un consum mai mic de detergenți (factor poluant) precum și un consum mai redus de apă (resursă naturală protejată). În acest scop, cercetările firmei germane AGROB BUCHTAL au pus la punct un tratament pentru curățare anorganică, prin ardere, a suprafeței plăcii. Stratul de acoperire HYDROTECT® este ultimul strat care se arde în glazura plăcilor. Catalizatorul din sistemul de protecție, dioxidul de titan (TiO_2), transformă apa și oxigenul din aer în oxigen activ, care oxidează și descompune materiile organice, bacteriile și virușii. Pe de altă parte, tot dioxidul de titan, activat de efectul razelor ultraviolete, conduce la micșorarea tensiunii superficiale a apei și la crearea unui efect hidrofil pe suprafața plăcilor, care realizează o peliculă continuă de apă care spală uniform fațada.

Pentru situații speciale (placări în proximitatea aerogărilor), firma a dezvoltat un sistem în care undele radar incidente pe suprafața anvelopei clădirilor placate cu plăci ceramice sunt absorbite, pentru evitarea apariției *reflexiilor-fantomă* pe ecranele monitoarelor din turnul de control al traficului aerian.

Plăcile din fibrociment, plăci realizate din ciment (40%), apă (12%), piatră de var și eventual fibrociment recilcat (11%), precum și un material

fibros, în general preluat din industria textilă, și care are rol de stabilizator dimensional (5%), reprezintă o posibilă opțiune pentru un tip de plăci incombustibile. Produsul, conținând cca. 30% aer în pori, este etanș la apă, dar permeabil la vapori, permițând reglarea microclimatului încăperii. Aceste plăci au fost inițial realizate cu fibre de azbest și se numeau *azbociment*. Din punct de vedere al compoziției chimice, azbestul este un silicat de magneziu (magneziu, siliciu și oxigen), răspândit în cantități semnificative în fosta URSS, Africa de Sud, Rhodezia și SUA. În prima jumătate a secolului XX, materialele de construcție care utilizau fibrele de azbest erau foarte răspândite datorită evidentelor calități ale acestuia: incombustibil, izolant, cu aptitudine pentru producția de masă etc. La începutul anilor '80, industria înregistra peste 5800 de produse diferite, realizate pe bază de azbest. Inhalarea particulelor de azbest, însă, s-a dovedit a fi periculoasă pentru sănătate, favorizând apariția unor boli ale plămânilor și pleurei. Pe baza cercetărilor experimentale s-a constatat o creștere a frecvenței apariției tumorilor maligne la persoanele expuse riscului de inhalare a fibrelor de azbest neprotejate, în comparație cu cele neexpuse acelorași factori de risc. În consecință, s-a conchis că fibrele de azbest reprezintă o puternică sursă cancerigenă și, în țările occidentale, s-a înlocuit producția de plăci de azbociment cu plăci similare ca tehnologie și performanțe, dar care utilizează fibre de poliacrilnitrit sau polivinalcool.

Plăcile metalice pot fi realizate din foi de tablă de oțel sau aluminiu (plană sau profilată) sau din panouri tip cutie.

Oțelul utilizat este cel obișnuit, protejat anticoroziv prin vopsire sau prin procedee chimice, sau oțelul corten (care oxidează, iar stratul de oxid constituie protecție; culoarea suprafeței în contact cu mediul este ruginie).

Un element important în asigurarea unui placaj metalic de bună calitate îl constituie grosimea foilor metalice: astfel, este evident că grosimea

scade în cazul elementelor profilate și de tip *cutie*, rigiditatea plăcilor fiind asigurată de geometria lor. În tabelul 7.3 sunt înregistrate grosimile uzuale ale tablei, în funcție de tipul de material și de modul de prelucrare al acestuia.

Plăcile din materiale complexe există într-o mare diversitate, așa cum se prezintă în continuare.

Plăcile din piatră subțire, lipite pe miez metalic tip fagure, sunt plăci foarte subțiri, din piatră naturală, groase de 4 mm, tăiate cu instrumente speciale. Pentru asigurarea rezistenței mecanice, ele sunt lipite pe o țesătură din fibră de sticlă și apoi pe o structură de tip fagure, din aluminiu. Grosimea totală a acestui tip de placă este de cca. 2-2,5 cm.

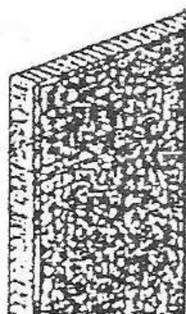


Fig. 7.47. Placă din piatră lipită pe suport *fagure*.

Plăcile celulozice realizate la presiune înaltă (HPL) reprezintă de câțiva ani o posibilitate pentru placaje de dimensiuni mari. În principiu, tehnologia de realizare a acestora este următoarea: plăcile din fibre celulozice, impregnate cu rășini, sunt solidarizate la presiune înaltă (9 MPa timp de 90 min) și temperatură de cca. 150°C. Procentul de celuloză este relativ mare (cca. 70%). Alte materiale care intră în alcătuirea plăcilor sunt rășinile aminoplaste și coloranții.

Produsul astfel obținut este rezistent la radiațiile ultraviolete, precum și la majoritatea agenților atmosferici; se dilată la umiditate ridicată și se contrage la umiditate scăzută. Este, de aceea, necesară prevederea, prin proiect, a posibilității de mișcare a plăcilor (rosturi, garnituri). Plăcile au calitatea că sunt antistatice, ceea ce asigură o întreținere ușoară odată puse în operă, greutate relativ scăzută, precum și o durată de viață de cca. 20 de ani (cu o stabilitate a părții decorative de cel puțin 10 ani).

Plăcile complexe, cu miez gros din spumă poliuretanică, apărute cu mai bine de douăzeci de ani în urmă, au un domeniu larg de aplicabilitate, fiind utilizate atât în cadrul sistemelor de fațade cât și pentru realizarea învelitorilor. În principiu, în cazul fațadelor cu alcătuire ventilată, pentru clădiri civile, este vorba despre un tip de polimer (poliuretan, în majoritatea cazurilor) care expandează între două fețe metalice, sau într-o *cutie* metalică, cu canturile elaborat profilate (pentru a asigura sistemul de îmbinare între ele al plăcilor și, pe de altă parte, pentru a nu permite infiltrarea umidității din atmosferă în interiorul alcătuirii). Spuma poliuretanică expandată închide integral spațiul „cutiei", în principal în scopul de a asigura consistență și rezistență mecanică panoului; calitățile termice foarte bune ale poliuretanului nu sunt însă utilizate într-o manieră eficientă, având în vedere că, prin asigurarea continuității metalului pe canturile panoului, pierderile termice către exterior sunt importante, poliuretanul (material scump, de altfel) neavând, practic, niciun aport termic în această soluție. Fața exterioară este din tablă de aluminiu, groasă de 2 mm, calandrată și vopsită, iar fața interioară, cu rol de barieră contra vaporilor, este realizată din tablă de aluminiu de 0,5 mm grosime. Grosimea stratului de poliuretan este de 2,5 cm sau de 5 cm. Plăcile sunt realizate integral în fabrică.

Plăcile complexe cu fețe din aluminiu și miez subțire din rășini polimerice și hidroxid de aluminiu, produse de firma ALUSUISSE SINGEN, au un miez realizat din materiale minerale necombustibile sau din polietilenă și fețe din foi de aluminiu de 0,5 mm grosime. Aliajul utilizat pentru fețele de aluminiu ale plăcilor ALUCOBOND® este realizat din AlMg și este deosebit de rezistent la coroziune și la agresivitatea aerului marin. De asemenea, fețele plăcilor sunt protejate împotriva intemperiilor cu un strat din material termoplastice.

Panourile cu suprafață protejată electrochimic (anodizată) sau cu vopsele (lacuri) suportă un proces de oxidare, nepericuloasă. Aspectul acestor plăci se va schimba, ele pierzându-și luciul metalic specific. Curățarea acestor plăci este practic imposibilă.

Plăcile ALUCOBOND® nu se încarcă electrostatic și magnetic. Nu s-au înregistrat interferențe cu undele radio. Acestea se difractă în cea mai mare parte, permițând recepția emisiunilor în interiorul clădirilor cu fațade metalice. Clădirile foarte înalte pot înregistra, în zonele de umbră sonoră, impedimente în recepționarea undelor radio, indiferent de natura materialelor care alcătuiesc anvelopa. În cazul frecvențelor foarte înalte, al radiațiilor electromagnetice, cum ar fi radarul, undele sunt reflectate, și nu disipate de suprafața metalică; această caracteristică este utilizată în construcțiile din vecinătatea aeroporturilor, pentru evitarea apariției de *reflexii fantomă*, la turnurile de control al mișcării (și deci a apariției pe ecranul radar a două avioane în loc de unul).

Suprafețele panourilor lăcuite ALUCOBOND® pot fi curățate de murdărie, precum și de graffiti, cu solvenți corespunzători. Nu în ultimul rând, merită a fi menționate, printre calitățile acestor elemente, faptul că poate fi realizat orice unghi între lateralele cutiei și fața acesteia, altfel spus, se pot placa suprafețe cu aparență curbă (*curbarea* este de fapt o fațetare), deoarece există tehnologia de îndoire a materialului până la orice unghi, fără ca în zona îndoită rezistența stratului de aluminiu să scadă.

Plăcile cu alcătuire complexă (cu termoizolație inclusă), datorită componentei de protecție și finisaj, oferă un sistem de izolație exterioară realizat pe baza asocierii unui parament exterior cu o izolație termică (fig 7.48). Aceste componente („vêtures", în terminologia franceză) se fixează cu mijloace mecanice pe structura portantă, în principiu fără schelet intermediar,

prin intermediul unor dispozitive de fixare (șuruburi în dibluri expandate), în găuri forate sau în profile speciale în peretele-suport.

Izolația termică uzuală este polistirenul expandat, cu densitate cuprinsă între *13 și 20* kg/m^3. *Sunt de asemenea folosite plăcile din fibre minerale* de densitate mare (90 kg/m^2), precum și cele din poliuretan sau polistiren extrudat.

Materialele pentru realizarea feței exterioare sunt aceleași cu cele utilizate în cazul sistemelor de placaje fixate mecanic („vêtages", în limba franceză), având între altele și posibilitatea finisării cu paste sau cu tencuieli mai mult sau mai puțin tradiționale (cu sau fără ciment). Coaja finită poate fi legată intim, pe toată suprafața de termoizolație, sau poate fi detașată de aceasta. Rosturile între elemente sunt cel mai adesea deschise, iar detaliile sunt astfel concepute încât să asigure etanșarea la apă a sistemului.

În situația în care coaja nu este permeabilă la vaporii de apă, se prevăd fante pentru asigurarea comunicării cu exteriorul a spațiului de aer.

Rezistența termică a sistemului ține cont de eventualele punți termice pe care le constituie fixările; în cazul utilizării diblurilor din plastic, aceste punți termice sunt neglijabile.

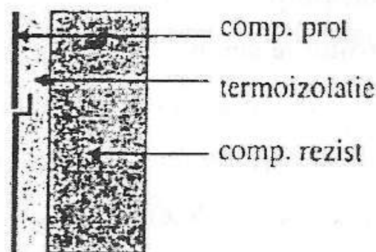


Fig. 7.48. Schemă pentru subansamblu cu element cu termoizolație inclusă.

Rezistența la vânt în dreptul prinderilor elementului pe suport se prevede a fi mai mare decât cea necesară pentru asigurarea rezistenței la vânt a sistemului în ansamblu.

Punerea în operă se realizează în general de jos în sus, fără dificultăți și probleme speciale, ca și la placajele fixate cu mijloace mecanice. Dimensiunile uzuale pentru aceste tipuri de plăci sunt 600 × 600 × 25-50-80 mm. Nu s-au utilizat în România.

Modul de montare a componentei de protecție și finisaj. Există mai multe sisteme.

Sistemul *caplama* (termenul a fost preluat, cu sens restrictiv, din limba franceză – *bardage*) definește toate tipurile de plăci neîmbinate între ele.

Caracteristici ale sistemului de montare pe schelet vertical sau bi-direcțional, uzual din lemn tratat împotriva umidității și ciupercilor:

– plăci și fâșii din prefabricate de ciment permit înlocuirea unei plăci deteriorate fără a afecta restul fațadei;

– plăci de tip *eternit* – fibre minerale, fără azbest – aglomerate cu ciment (utilizate în mod curent în vestul Europei);

– solzi sau fâșii din materiale naturale: ardezie, lemn tratat etc.

Sistemul *plan* plăci alăturate, aflate în același plan, în documentațiile franceze este asimilat sistemului *bardage.*

Caracteristici:

– rosturi închise, formând fațadă *etanșă*, sau rosturi deschise, asigurând *alcătuire ventilată*; în sistemul de fațadă de tip *mantou* se recomandă rosturile deschise;

– fixare direct pe suport, cu dispozitive aparente sau mascate;

– fixare pe schelet din lemn, metal sau mixt (montanți din lemn și traverse metalice), mono sau bidirecțional;

– plăci din piatră reconstituită;

– plăci din piatră naturală pe suport metalic „fagure";

– plăci din piatră artificială, nearsă, cu aspect de tencuieli decorative;

– plăci din piatră artificială, arsă - placaje ceramice din gresie porțelanată, țigle pentru fațade;

– plăci din laminate celulozice realizate la presiune înaltă (HPL);

– plăci plane din tablă:

• de oțel, vopsită;

• de aluminiu, lăcuită sau anodizată;

• de oțel CORTEN;

– plăci profilate din tablă:

• de oțel vopsită;

• de aluminiu;

– plăci și fâșii din PVC, plane și profilate;

– plăci și panouri sandvici cu miez termoizolant între fețe metalice (termoizolația are mai degrabă rol de asigurare a stabilității și planeității panoului; în condițiile asigurării unei slabe ventilații a spațiului intermediar de aer, aportul termic pe care l-ar reprezenta materialul termoizolant aproape se anulează – conform Metodologiei de calcul al pierderilor de căldură, aprobată de MLPAT).

Rezistența și stabilitatea componentei de protecție și finisaj. Condițiile pentru asigurarea rezistenței și stabilității plăcilor sunt:

– din punct de vedere static, să reziste sub sarcini orizontale, fără a se deforma și fără a se fisura; sunt admise deformări de până la 1/300 din înălțime (la piatră);

– din punct de vedere al comportării la acțiunile factorilor climatici, deși plăcile sunt testate la cicluri succesive de îngheț-dezgheț, la agenți chimici (albastru de metilen, hipermanganat de potasiu, clorură de amoniu, hipermanganat de sodiu, acid clorhidric, acid citric, hidroxid de potasiu, absorbție de apă etc.), comportarea lor se verifică în timp *in situ*, în cadrul ansamblului element de finisaj – element de prindere – perete-suport.

Toleranțe dimensionale din fabricație apar la toate tipurile de plăci sau panouri. Aceste abateri au valori relativ asemănătoare, de până la 2-3 mm pentru panourile de dimensiuni mai mari de 4 m (plăci metalice complexe, cu miez termoizolant, panouri de aluminiu pe schelet etc.).

În ceea ce privește punerea în operă, este necesar ca dilatarea elementelor de fațadă să nu pună în pericol ansamblul. Astfel, în cazul fațadelor metalice (oțel, aluminiu), trebuie luate măsuri pentru preluarea dilatărilor panourilor (variația dimensională a oțelului este de 2,5 ori mai mare decât a lemnului, iar a aluminiului este mai mare decât a oțelului de circa două ori).

În zonele opace ale fațadei, preluarea dilatărilor termice precum și a mișcărilor survenite în timpul unui cutremur se face prin rosturi de dilatare și dispozitive de acoperire și protecție, la intervale și dimensiuni prevăzute prin specificațiile tehnice.

În cazul alcătuirilor cu finisaj uscat și rosturi deschise, dimensiunile plăcilor și existența rosturilor între plăcile ce compun subansamblul de fațadă asigură o oarecare elasticitate a acesteia; totodată, se ține seama de alcătuirea scheletului de susținere, de modul de fixare al acestuia pe peretele suport, de distanțele între punctele de prindere și de însuși tipul de suport.

7.9.12.2. Componenta termică și componenta-suport a protecției exterioare (componente de prindere și asamblare)

Rezistența și stabilitatea sistemului de asamblare și fixare a elementelor de protecție și finisaj se referă la capacitatea acestora de a transmite componentei rezistente a subansamblului (în general, perete-suport) încărcarea proprie a acestor plăci, precum și pe cele datorate agenților naturali uzuali și excepționali (vânt, uragane, seisme, explozii).

Fixarea pe perete. Scheletul de susținere se fixează pe peretele suport cu mijloace mecanice (șuruburi în dibluri de plastic sau metal, în găuri forate în perete și care străpung peretele conform indicațiilor producătorului și inginerului de structuri). Rezistența diblurilor este determinată fie în funcție de valorile cunoscute pentru pereții de beton cu agregate grele, fie în funcție de rezultatele încercărilor efectuate pe peretele ce urmează a fi izolat.

Scheletul de susținere poate fi din lemn, din metal (oțel sau aluminiu), mixt (lemn și metal). Se recomandă ca acest schelet să fie decalat de suport sau prin modul de montare pe piesele metalice locale, pentru a se putea prevedea termoizolație și în spatele acestuia.

De asemenea, ***durabilitatea*** în raport cu fenomenul de coroziune reprezintă un factor determinant în ceea ce privește rezistența și stabilitatea acestei componente. Astfel, din clasa *metalelor,* se folosesc oțelurile inoxidabile, oțelul corten, aluminiul sau, în cazul oțelului obișnuit, este necesară tratarea anticorozivă a tuturor suprafețelor, interioare (la secțiuni tubulare) și exterioare.

Scheletul de susținere se poate realiza și din grinzișoare/montanți din *lemn impregnat.* Acesta nu este supus intemperiilor, estimându-se o durabilitate a lui în timp de circa 50 de ani.

Legătura între componenta rezistentă și componenta de solidarizare și asamblare trebuie realizată astfel încât să poată prelua abaterile dimensionale față de verticală ale peretelui suport. Reglajul poate fi făcut pe o direcție (fixare directă pe componenta de rezistență), pe două direcții (fixare pe schelet unidirecțional) sau pe trei direcții (la schelet bidirecțional).

Având în vedere umbrirea scheletului de către componenta de protecție și finisaj, dilatările din supraîncălzire sunt mult reduse; de asemenea, expunerea la intemperii (ploaie, zăpadă) și îmbătrânirea componentei de asamblare și montaj (acțiunea radiațiilor UV) sunt mult diminuate.

Prevederile privind protecția contra incendiilor limitează utilizarea scheletului de lemn, în funcție de tipul de clădire considerat, nu de înălțimea acesteia.

Vom separa cele două tipuri de subansambluri în:

• subansambluri cu componentă de solidarizare punctuală, rigidă (care permite reglaj pe cel mult o direcție);

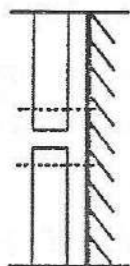


Fig. 7.49. Schemă de fixare.

• subansambluri cu componentă de solidarizare liniară, uni sau bidirecțională (care permite reglaj pe două și trei direcții).

Subansambluri cu componentă de solidarizare punctuală. Sistemul de fixare este direct pe elementul de construcție, aparent sau mascat, cu mijloace mecanice (uzual, dibluri expandate), fără spațiu de aer sau cu spațiu de aer. Sistemul de prindere locală a panourilor creează concentrații de eforturi în plăci (fig. 7.49) care pot conduce la deformări ale plăcilor din piatră naturală (vezi *Condiția de durabilitate*).

Observație. Acest sistem poate fi realizat și fără termoizolație, dar în acest caz nu se mai încadrează în categoria pereți-mantou.

În figura 7.50 este prezentat un tip de dispozitiv de prindere mascată, utilizat în mod curent la placarea fațadelor în acest sistem. Este gândită mișcarea plăcilor pe verticală, astfel încât plăcile care se deteriorează (se sparg) să poată fi înlocuite.

Unul dintre dezavantajele soluției este că viteza de montare este relativ mică, având în vedere că fiecare element de prindere trebuie poziționat concomitent cu montarea plăcilor; greșelile de traseu sunt imposibil de reparat, fiind necesară practicarea altor găuri în elementul suport, pentru introducerea diblurilor în poziția corectă.

Există, după cum se vede în figura 7.51, și sisteme sofisticate de prindere direct pe componenta rezistentă a anvelopei verticale. În acest caz, însă, elementul de protecție și finisaj este un prefabricat de beton, care are incluse din fabricație agrafele, distanțierii, tijele și alte accesorii necesare.

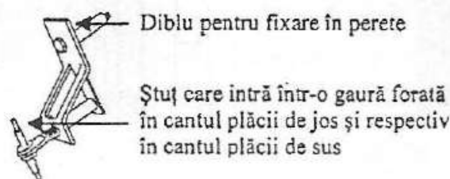


Fig. 7.50. Dispozitiv de prindere mascată.

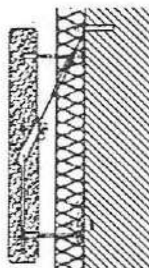


Fig. 7.51. Dispozitive de prindere pentru plăci de dimensiuni mari.

Subansambluri cu componentă de solidarizare liniară. Din punct de vedere al cerințelor pe care trebuie să le asigure subansamblul, scheletul de susținere poate prelua o parte din abaterile rezultate în urma unei execuții mai puțin îngrijite a componentei rezistente, acuratețea fiind asigurată la nivelul feței finite. De asemenea, el este astfel proiectat încât să preia mișcarea de dilatare a montanților, în perioada de vară.

Pot fi definite două tipuri de componente de solidarizare liniară, în funcție de tipul de schelet de susținere: unidirecțional și bidirecțional.

Pe aceste componente de asamblare se pot monta plăci din materiale tradiționale – lemn, ceramică, ardezie, alte tipuri de plăci – și netradiționale – plăci din aluminiu, oțel sau zinc, eternit, beton, lemn stratificat și alte derivate ale sale, prefabricate din similipiatră, produse pe bază de mortare sintetice (metacrilat, poliester, PVC etc.). Sistemul prevede existența unui strat de aer de cel puțin 2 cm grosime, în spatele feței finite.

Observație. Soluțiile prezentate în figura 7.52 sunt posibile și fără termoizolație, pe zone ale fațadei unde tratamentul termic nu se justifică, pentru păstrarea sistemului de montaj. În acest caz însă sistemul reprezintă numai o tehnologie uscată de punere în operă a placajului și nu respectă principiile peretelui-mantou.

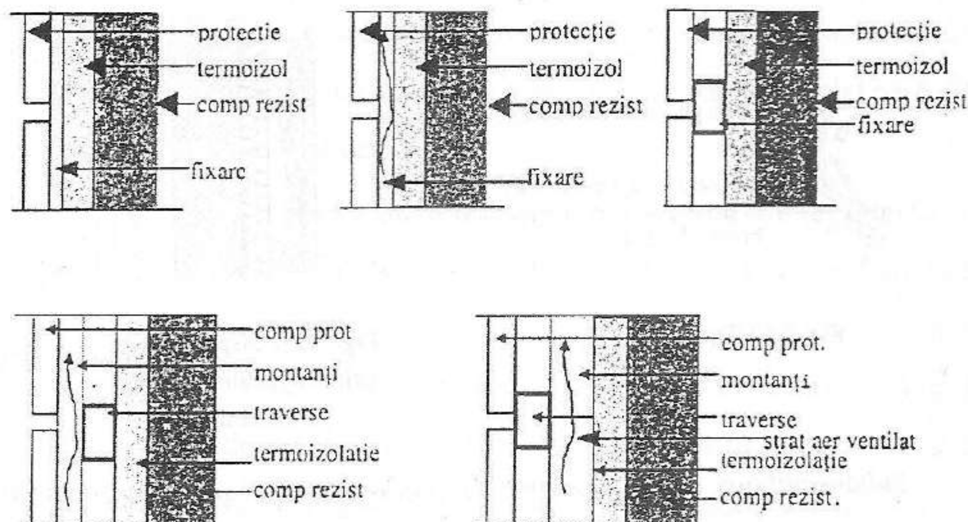


Fig. 7.52. Scheme de principiu pentru subansambluri cu componenta de protecție și finisaj montate pe schelet bidirecțional.

Pentru exemplificare, prezentăm în figurile 7.53, 7.54 și 7.55 câteva tipuri de elemente de prindere și asamblare cu componentă liniară, așa cum apar ele în documentațiile unor firme care produc aceste sisteme de placaje. Săgețile indică posibilitățile de reglare, pe două și pe trei direcții, a poziției pieselor componente ale scheletului, pentru asigurarea planeității maxime a câmpului fațadei. Se poate observa că în varianta din figura 7.53,*c* se asigură posibilitatea de reglare pe trei direcții. În cazul din figura 7.53,*a*, însă, montanții sunt solidarizați chiar pe placă, mărind rigiditatea acesteia, în condițiile unor plăci cu dimensiuni foarte mari (1200×1200 mm), fapt care face ca alcătuirea să se plaseze la limita dintre sistemul de fixare direct pe suport și cel cu componenta de solidarizare liniară.

În exemplul prezentat în figura 7.54, reglarea verticalității scheletului se face în mod diferit: de asemenea, plăcile sunt prinse cu șuruburi aparente.

Un exemplu de schelet unidirecțional orizontal este cel promovat de firma „Ardal"; după cum se poate vedea în figura 7.55, profilele acestor

...ngrine permit conducerea și scurgerea către exterior a apei pătrunse eventual în rosturile verticale, etanșarea rosturilor orizontale și nu numai fixarea plăcilor în șanțuri prevăzute pe canturi.

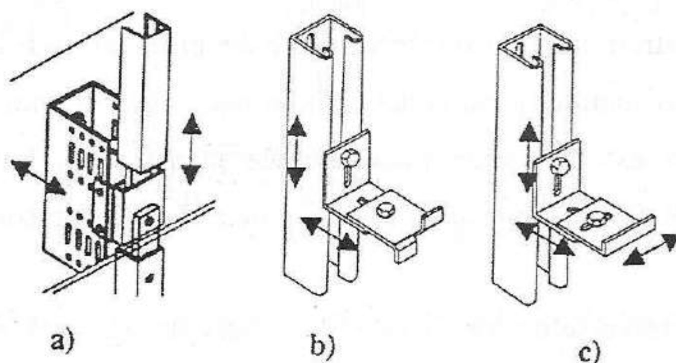


Fig. 7.53. Exemple de sisteme de solidarizare verticale, cu fixare mascată a plăcilor.

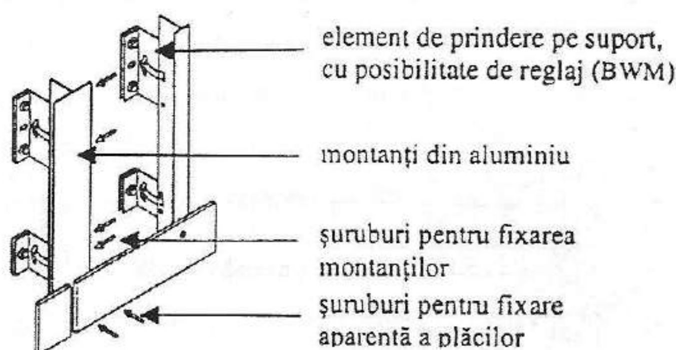


Fig. 7.54. Exemplu de sistem de solidarizare unidirecțional vertical, cu fixare aparentă a plăcilor.

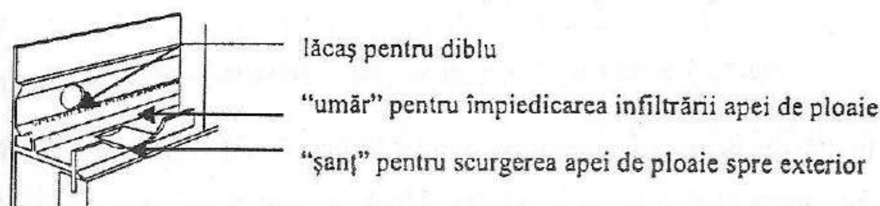


Fig. 7.55. Sistem de solidarizare orizontal.

La jumătate de drum între scheletul simplu și scheletul dublu de susținere, putem să considerăm un tip de montant cu traverse locale; este o soluție specifică pentru sistemele de fațadă care utilizează drept componentă de protecție și finisaj panouri metalice.

Apa pătrunsă prin rosturile verticale ale placajului este condusă în interiorul montantului până la partea inferioară, de unde este preluată și eliminată în exterior; aripile laterale ale montantului, întoarse spre elementul de finisaj, împiedică apa de ploaie să se infiltreze în spatele placajului.

Rolul traverselor locale este de a permite agățarea plăcilor pe schelet; lateralele plăcilor sunt decupate astfel încât acestea să poată fi fixate în patru puncte, pe traversele montantului. Pentru ca fixarea să fie etanșă și sigură, montarea plăcilor se face pe un sistem de garnituri (fig. 7.56).

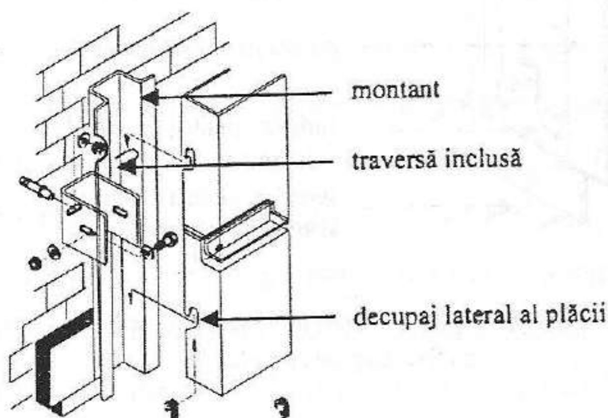


Fig. 7.56. Sistem de solidarizare vertical, cu traverse incluse.

În sfârșit, pentru sistemele de schelet bidirecționale (grilă), prezentăm câteva exemple, așa cum apar ele în documentațiile tehnice ale firmelor specializate (fig. 7.57,*a*, *b*, *c*).

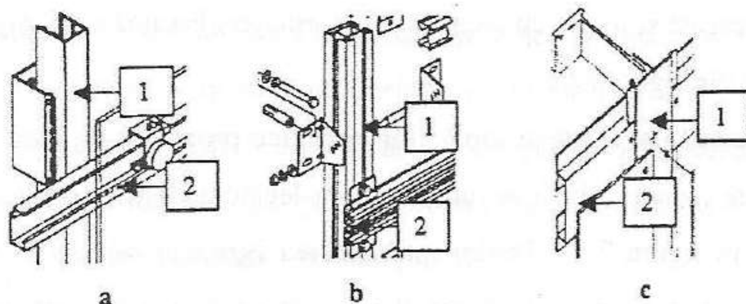


Fig. 7.57. Exemple de bidirecționale:
a – sistem BWM; *b* – sistem SICOF; *c* – sistem ALUSUISSE);
1 – montant; *2* – traversă.

Modul de prindere a plăcilor pe scheletul de susținere. Există câteva sisteme uzuale:

– *cu șuruburi aparente,* în cazul plăcilor cu grosime mică (plăci din aluminiu, plăci celulozice de mari dimensiuni), sau în cazul în care plastica arhitecturală pretinde ritmarea câmpului cu elemente punctuale, eventual strălucitoare (cap alămit, cromat etc. sau căpăcele de acoperire din metale tratate electrochimic);

– *cu șurburi mascate*, în cazul plăcilor complexe sau al celor profilate din tablă, cu lambă și uluc;

– *cu agrafe,* în șlițuri prevăzute în canturile plăcilor din piatră naturală, cu grosime mai mare de 2 cm;

– *cu piese speciale*, fixate în patru puncte, pe plăcile ceramice, care permit o prindere mascată pe schelet (fig. 7.58). Sistemul aparține plăcilor din ceramică fabricate de firma AGROB BUCHTAL. Piesa care include șurubul est tot din ceramică și este solidară cu placa.

Plăcile ceramice provenind de la firma COOPERATIVA CERAMICA D'IMOLA – și nu numai – au înșurubate pe spate, în patru puncte, astfel de elemente de prindere; ele se fixează pe traversa scheletului bidirecțional,

care are aceeaşi secțiune cu elementul de prindere. Fixarea este asigurată cu şuruburile din figura 7.59.

Sistemul de prindere a plăcilor ceramice promovat de firma SICOF se numeşte „spider clip"; se utilizează în legătură cu traversa scheletului prezentat în figura 7.57. Pentru introducerea agrafelor trebuie în prealabil realizate şanțuri de formă şi dimensiune corespunzătoare, pe spatele plăcilor ceramice. Se prevăd câte patru astfel de agrafe, pe fiecare placă;

– *cu agrafe speciale*, fixate pe schelet, aparente.

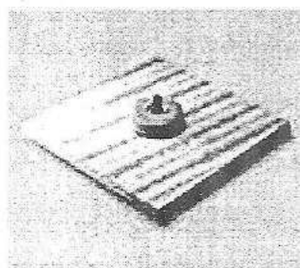


Fig. 7.58. Detaliu de prindere.

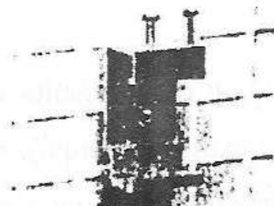


Fig. 7.59. Detaliu de prindere.

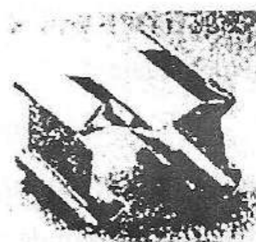
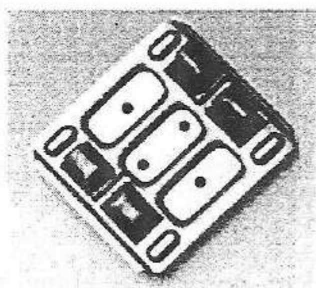


Fig. 7.60. Detaliu de prindere.



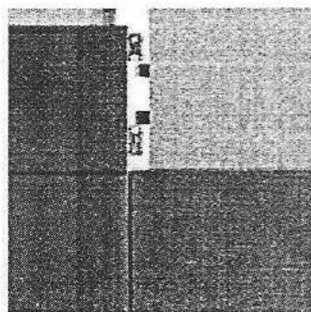


Fig. 7.61. Detaliu de prindere.

Agrafele, care susțin plăcile în patru puncte, generează un ritm specific pe fațadă. Utilizarea lor este ceva mai frecventă decât a precedentelor, deoarece sistemul în ansamblu este sensibil mai ieftin. Agrafele se fixează pe schelet, cu şuruburi, după ce *agață* câte două plăci.

Există firme specializate care produc sisteme de prindere și solidarizare pe suport și care le furnizează producătorilor de plăci ceramice pentru a fi montate pe acestea. Astfel, același sistem de prindere-asamblare poate fi promovat de mai multe firme specializate în producția de plăci ceramice, în cadrul unor sisteme de fațade ventilate proprii.

7.9.12.3. Componenta rezistentă

O caracteristică generală a placajelor cu tehnologie uscată este greutatea lor redusă. Astfel, incluzând și scheletul, greutatea alcătuirii variază de la 3,5-15 kg/m^2 în cazul panourilor metalice pe suport-fagure sau al panourilor complexe cu fețe din tablă și miez din spume termoizolante, la 35-45 kg/m^2, la prefabricatele din beton și similipiatră.

Având în vedere varietatea soluțiilor, care determină o gamă largă de greutăți ale subansamblului, *pentru fiecare caz în parte trebuie verificată condiția de rezistență și stabilitate a peretelui-mantou.*

7.9.13. Exigențe – performanțe

Respectarea cerințelor de calitate este asigurată prin satisfacerea exigențelor, la nivelul întregului ansamblu.

Condiția de rezistență și stabilitate. Rezistența și stabilitatea ansamblului trebuie determinate prin calcul, după respectarea condiției de rezistență și stabilitate a părților componente (componenta de protecție și finisaj, componenta de prindere și asamblare, componenta rezistentă).

Siguranța în exploatare. Analizând caracteristicile componentelor subansamblului tehnologic-arhitectural al părții opace a anvelopei verticale din acest punct de vedere, se constată că majoritatea riscurilor

de accidentare a utilizatorilor prin lovire, cădere etc. ar apărea fie ca urmare a contactului dintre aceştia şi părţi ale anvelopei (uşi, ferestre), fie din cauza căderii (desprinderii) unor elemente care fac parte din anvelope.

Acest risc, al desprinderii unor elemente de faţade, a fost tratat în cadrul paragrafului *rezistenţă şi stabilitate.*

Posibilitatea rănirii ca urmare a unor arsuri provocate în urma atingerii de obiecte fierbinţi – părţi ale faţadei – se regăseşte în cadrul paragrafului *siguranţa în caz de incendiu.*

Totodată, există şi riscul de îmbolnăvire ca urmare a degajării de gaze toxice, a dispersării în aer a unor particule periculoase pentru sănătate, a emisiei de substanţe radioactive.

De asemenea, durabilitatea în timp a subansamblului, corelată cu durata de viaţă economic stabilită, poate avea repercusiuni în ceea ce priveşte satisfacerea acestui criteriu. Reparaţiile periodice şi posibilitatea de întreţinere a faţadei micşorează riscurile în exploatare.

Siguranţa la foc. Ca şi în cazul TEST, este necesar să se ia în considerare clasa de combustibilitate şi rezistenţa la foc a sistemului, nu a părţilor componente. Faţă de un incendiu exterior se pune problema rezistenţei la foc a subansamblului tehnologic-arhitectural complex, în zonele de plinuri şi, respectiv în zonele de goluri. De asemenea, trebuie tratate racordările între zonele de plin şi gol, acestea constituind puncte sensibile în comportarea la foc a subsistemului faţadei.

Este necesar ca elementele de finisaj să reziste un interval normat, protejând scheletul, ceea ce duce la încadrarea sistemului într-o anumită clasă de combustibilitate.

Sistemele de finisare a fațadelor care prevăd închiderea (etanșarea) sturilor, privite sub aspectul protecției la foc, sunt mai avantajoase în raport sistemele care asigură ventilarea spațiului de aer în spatele fațadei, întrucât estea din urmă permit, prin tiraj, transmiterea focului prin interiorul ansamblului. Se impune, în aceste cazuri, realizarea de compartimentări spațiului intermediar al alcătuirii (spațiul de aer ventilat dintre retele suport și finisajul propriu-zis).

Comportarea la foc a diferitelor materiale se prezintă în tabelul 7.4.

Tabelul 7.4

Comportarea la foc a unor materiale uzuale

Tipuri de materiale	Caracteristici
Materiale omogene	
– piatră naturală	– incombustibil
– piatră artificială nearsă	– greu combustibil
– piatră artificială arsă	– incombustibil
– metal	– incombustibil
– lemn	– combustibil ***
– plastic	– combustibil ***
Materiale complexe	
– plăci din piatră pe suport fagure incombustibil	– incombustibil
– plăci din piatră pe suport fagure combustibil	– greu combustibil
– plăci metalice sandvici cu termoizolație combustibilă inclusă	– greu combustibil
– plăci laminate celulozice de înaltă presiune	– greu combustibil
– aglomerate din spărtură de piatră pe suport PEX	– combustibil

La toate materialele trebuie luată în considerare comportarea la șoc mic, în funcție de tehnologia folosită pentru punerea în operă (eliminând fel posibilitatea dezagregării placajului la trecerea bruscă de la temperatura ltă a focului la temperatura mult mai coborâtă a apei din dispozitivele de ngere a incendiilor).

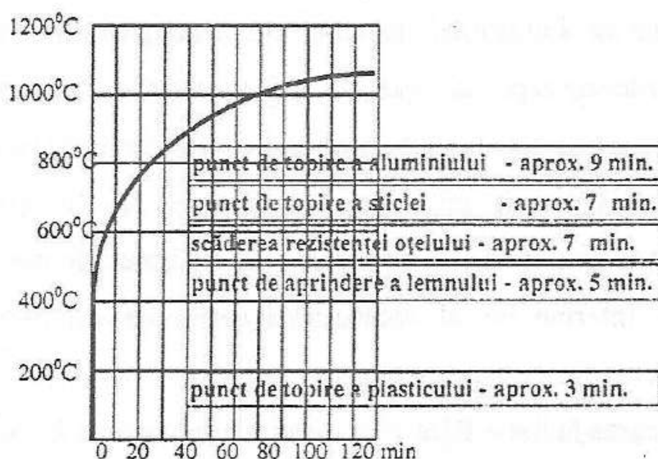


Fig. 7.62. Punctele de topire ale câtorva materiale.

Igienă, sănătate, protecția mediului. Exigența privind calitatea aerului este în general respectată, termoizolațiile realizându-se din aceleași materiale, iar plăcile fiind îndeobște stabile din punct de vedere chimic.

De asemenea, trebuie evitate materialele care au în componență azbest, materialele care degajă formaldehidă sau pentaclorfenol.

Postutilizarea materialelor componente. Unele dintre materialele care alcătuiesc componenta verticală a anvelopei pot fi recuperate. Astfel, deșeurile plăcilor din gresie porțelanată pot fi remăcinate și introduse în procesul de fabricație; PVC-ul poate fi reciclat în amestec cu rășini; sticla poate fi și ea recuperată și reciclată; metalul poate fi topit și refolosit.

Panourile compozite care includ miez din polietilenă (ALUCOBOND® și similare) au o durabilitate de circa 50-100 de ani. În cazul lor, problema nu se pune încă în legătură cu postutilizarea panourilor de fațadă, ci mai ales cu reciclarea deșeurilor realizate în urma procesului de fabricație și a croirii panourilor. Separarea aluminiului de polietilenă nu mai este o problemă astăzi; atât aluminiul cât și polietilena reintră într-un circuit de producție.

O altă posibilitate de reciclare a produsului, cu recuperare de căldură, este prin topirea compusului (tăiat în prealabil în bucăți mici). La temperatură ridicată, polietilena se descompune integral, eliberând gaze cu înalt potențial energetic, care pot fi utilizate pentru alte descompuneri și topiri.

Izolație termică, hidrofugă, economie de energie. Principiul ecranului pluvial se aplică mai ales în cazul subansamblurilor tehnologic-arhitecturale la care componenta de protecție și finisaj se montează cu dispozitive mecanice. Pentru termoizolații de cel puțin 10 cm grosime și componentă rezistentă de cel puțin 20 cm, valoarea necesară a rezistenței termice în câmp curent este asigurată, indiferent de tipul de placaj utilizat. Punțile termice datorate sistemelor de prindere și asamblare micșorează puțin valorile obținute în câmp curent, fără a schimba semnificativ rezultatul.

Tabelul 7.5 prezintă comparativ valorile transmitanței termice în câmp curent, fără a se ține cont de influența punților termice și după aplicarea corecțiilor datorate acestora.

Tabelul 7.5

Valorile k* și k_{PT}**

Componenta de protecție și finisaj	k_{DIN} [W/m²K]	k_{PT} [W/m²K]	k [W/m²K]
Panouri din aluminiu		0,470	0,33
Plăci ceramice		0,457	0,329
Plăci din piatră naturală	0,336	0,462	0,329
Plăci din prefabricate		0,453	0,328
Țiglă pentru fațade		0,440	0,323

* $k = 1/R_0$; se notează și U.

** k_{PT} = transmitanța termică în câmp curent, ținând cont de influența punților termice.

(Conform P. Wagner – *Handbuch für Entwurf, Konstruction & Montage von vorgehängten, hinterlüfteten Fassaden.*)

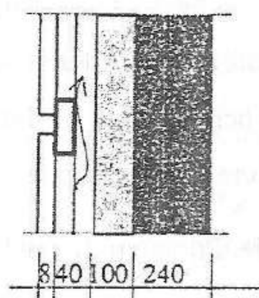


Fig. 7.63. Schemă pentru un perete-mantou cu placaj uscat.

Peretele-suport este realizat din zidărie (δ=1800 kg/m^3), cu finisajul interior pe plăci din ghips-carton, termoizolația are grosimea de 10 cm, stratul de aer are grosimea de 4 cm (fig. 7.63).

Între profilele metalice fixate pe perete și acesta din urmă, lucrarea menționată propune un element de rupere de punte termică, realizat din poliuretan. Facem precizarea că valorile din tabel sunt orientative.

Protecția acustică. În cazul sistemelor de finisaje exterioare cu tehnologie uscată, indicele de izolare este de cca. 50-55 dB pentru alcătuirile ventilate și crește spre 60 dB la alcătuirile compacte. Și aici există diferențieri atât în funcție de natura suportului, greutatea și grosimea sa, cât și ca urmare a diferitelor termoizolații folosite, a sistemelor de prindere, a finisajului propriu-zis.

Condiția de durabilitate. Având în vedere că sistemele dau măsura calității lor prin durabilitate, deci prin introducerea factorului timp în relația exigențe-performanțe, în cele ce urmează vom analiza câteva tipuri de subansambluri de pereți finisați cu placaje cu montare mecanică.

7.9.14. Subansamblu cu elemente din piatră naturală, fixate rigid.

Poate cel mai spectaculos exemplu de comportare nesatisfăcătoare în timp a unui sistem de perete cu finisaj montat mecanic îl constituie cazul clădirii AMOCO, una dintre cele mai înalte clădiri din lume. Totodată, însă, acesta a constituit o premieră în ceea ce privește stabilirea cauzelor degradării și modul de intervenție pe o clădire foarte înaltă. Este, de altminteri, singurul

caz de înlocuire integrală a sistemului (concepție, materiale, grosimi) de fațadă, cunoscut în literatura de specialiatate.

Clădirea sediului firmei AMOCO din Chicago a fost terminată în anul 1973. Este înaltă de 345 m și are o suprafață de placaj de cca. 90 000 m^2. S-au folosit plăci din marmură albă de Carrara, de dimensiuni relativ mari (cca. 2 m^2), având grosimea de 3,2 cm. Greutatea fiecărui panou era de circa 200 kg. Modul de fixare a plăcilor pe suport a fost cu agrafe, în canturile plăcilor.

Încă în anul 1985 s-au constatat primele deformații (curbări) ale plăcilor, precum și primele microfisuri. În 1987 curbarea a devenit importantă – cca. 3,80 cm, mai ales pe fațadele orientate spre vest, sud și est. Deformări la plăcile de pe fațada cu orientare nord nu s-au constatat nici atunci, nici mai târziu.

Ca primă măsură de siguranță în exploatare, s-au suplimentat prinderile plăcilor, cu câte două agrafe, apoi s-au prevăzut plase de protecție, pentru siguranța pietonilor.

În urma cercetărilor efectuate, s-a ajuns la concluzia că degradările au fost cauzate de încălzirea diferită a panourilor pe cele două fețe opuse, care a produs dilatări diferite ale cristalelor de marmură, structura lor cristalină suferind astfel transformări ireversibile.

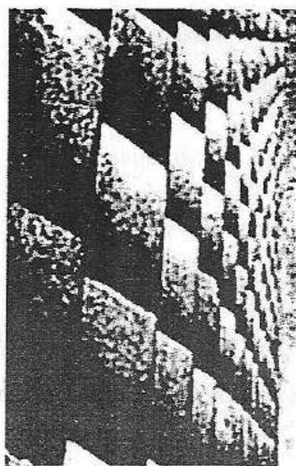


Fig. 7.64. Fațada clădirii Amoco – Chicago (conf. *Progressive Architecture*, feb., 1994).

Sistemul de prindere locală, rigidă, a panourilor a creat de asemenea concentrații de eforturi în plăci. Soluția de remediere a fost înlocuirea panourilor de marmură cu unele din granit alb, cu grosime de 51 mm, precum şi regândirea sistemului de prindere, cu un sistem de legături continue, pe şine, care să asigure susținerea continuă a plăcilor de piatră, distribuind sarcina de-a lungul întregului cant al plăcilor.

Pentru realizarea efectivă a lucrării a fost nevoie de consolidarea structurii de rezistență a clădirii, deoarece încărcarea pe fațadă era de aproape două ori mai mare decât în cazul inițial al marmurei.

Alte exemple sunt biserica Delea Veche, din Bucureşti, şi Monumentul de cinstire a eroilor din Târgu-Ocna.



Fig. 7.65. Monument funerar la Târgu-Ocna.

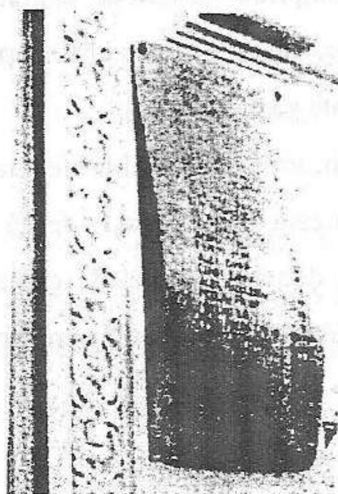


Fig. 7.66. Detaliu la fațada bisericii Delea Veche.

În cazul bisericii Delea Veche, din Bucureşti, plăcile comemorative flancau intrarea în biserică, fiind orientate spre vest. În cazul monumentului de cinstire a eroilor, aflat în cimitirul din Târgu-Ocna, placa este orientată tot spre vest.

În ceea ce privește plăcile comemorative de la biserica Delea Veche, acestea au fost montate între anii 1924 și 1925; trebuie precizat că acestea au dispărut în timp; prima, în urmă cu peste 20 de ani (în fotografia 7.66 se vede încă pironul și o bucățică de piatră încă *agățată* de acesta), iar cea de-a doua (vizibilă în fotografii), în 1996, literalmente pulverizată în urma unor furtuni puternice de vară; înainte de prăbușire se puteau observa fisurile din câmpul plăcii.

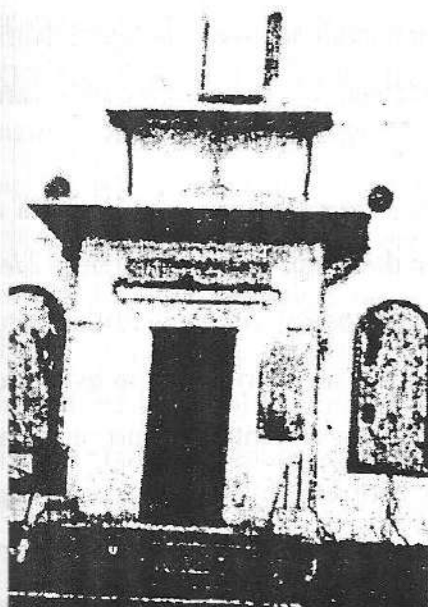


Fig. 7.67. Fațada bisericii Delea Veche (1996).

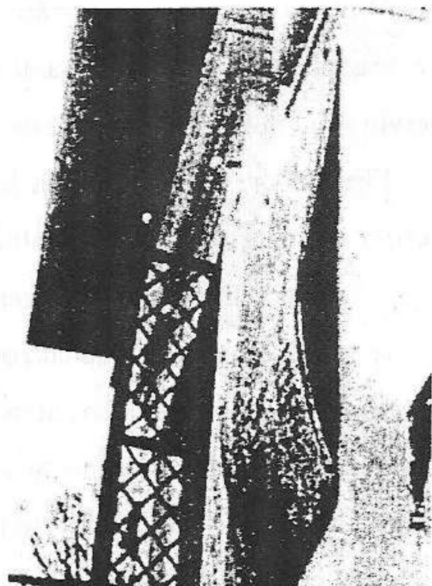


Fig. 7.68. Detaliu – fațada bisericii Delea Veche.

Este de așteptat ca utilizarea în continuare a acestui tip de soluție, cu prinderi rigide, fie ca perete-mantou, deci cu termoizolație inclusă în sistem, fie doar ca sistem de montare uscată a unui placaj din piatră, să conducă la o comportare în timp defectuoasă, care să implice nu numai costuri mari ale investiției inițiale, ci și costuri în întreținere, reparații și reabilitare ale clădirii, așa cum s-a întâmplat la Amoco.

7.9.15. Subansambluri cu elemente din plăci, fixate pe schelet

Experiența occidentală nu a înregistrat comportări defectuoase ale acestor sisteme. Utilizarea lor, chiar și în alte țări, este în general limitată datorită costurilor relativ mari ale scheletului de susținere și dispozitivelor de prindere.

Exemple de sisteme de placaje cu montare mecanică. Există, pe piața mondială a construcțiilor, un segment puternic de firme care se ocupă cu dezvoltarea sistemelor de placaje cu montare mecanică.

Pentru asigurarea comportării în termeni reali ai anvelopei unei clădiri, este necesară definirea în ansamblu a acesteia, cu toate *accidentele* care intervin și nu numai a unor zone de câmp.

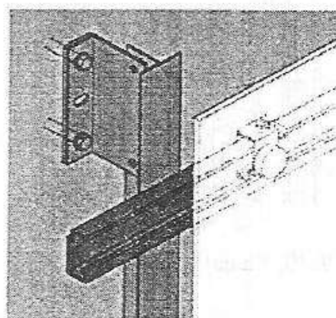
Firmele de specialitate pun la dispoziție o gamă cât mai completă a tipurilor de rezolvări curente pentru zonele de câmp, dar și principii și *idei* pentru zonele particulare, reprezentate de racordări în plan vertical (cu ferestre sau uși, cu soclul sau cu zona subterană a clădirii, cu părți avansate sau retrase ale clădirii, cu învelitoarea) și în plan orizontal (colțuri intrânde sau ieșinde ale clădirii sau numai ale unor părți ale anvelopei, racordări cu ferestre sau uși, cu alte clădiri etc.). Se propun și rezolvări de principiu în zonele de racordare a părții opace cu partea vitrată a anvelopei (zonă de interferență a preocupărilor atât a specialiștilor în sistem de pereți-mantou, cat și a celor în vitraje și tâmplării), care ar putea îmbunătăți confortul în ansamblu al clădirii. Dispozitivele de protecție solară nu fac obiectul de activitate al firmelor care se ocupă de placaje, dar asigurarea de spații pentru montarea și mascarea acestora este o preocupare care se regăsește în cataloagele tehnice ale acestor firme, tot așa cum placajele nu reprezintă preocuparea firmelor specializate în tâmplării, dar în detaliile de catalog ale acestora se vor face referiri și la sistemul de placaj.

Și este logic să fie așa, având în vedere că obiectivul final este conformarea și realizarea unei clădiri unitare, care să răspundă cât mai bine la acțiunea agenților de mediu, în condițiile asigurării economiei de energie și protecției mediului înconjurător.

Trebuie precizat, însă, că aceste soluții sunt orientative și de principiu și nu se substituie proiectării efective de detaliu a acelor părți ale anvelopei.

Plăci ceramice. Una dintre firmele care au dezvoltat un puternic sector al fațadelor cu alcătuire ventilată (*hinterlüftete Fassaden*) este firma germană AGRO BUCHTAL. Sistemele KERAION QUADRO® realizează fixarea mascată a plăcilor, prin intermediul unor piese locale din aluminiu extrudat.

Pe fiecare placă se montează patru astfel de ploturi ceramice, în care sunt fixate, cu șuruburi din oțel inoxidabil, dispozitive locale din aluminiu. Acestea sunt, la rândul lor, solidarizate pe traversele din aluminiu extrudat. Secțiunea traverselor este indentică cu cea a pieselor locale; ea a fost concepută astfel încât să permită o „îmbucare" perfectă a acestora. Poziția finală este stabilizată prin intermediul unui șurub inoxidabil.



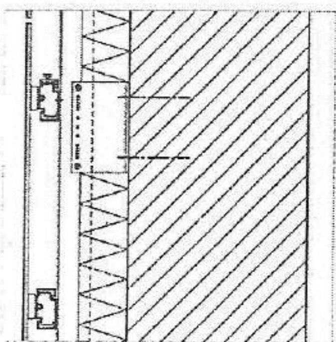
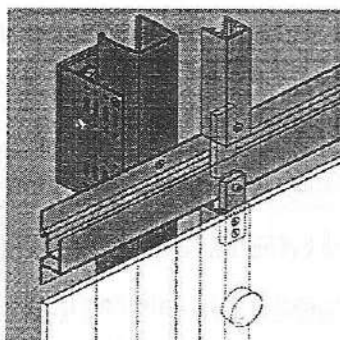


Fig. 7.69. Placaj KERAION QUADRO.

Pentru plăci de dimensiuni mai mari – 1200×1200 mm – KERAION QUADRO® recomandă utilizarea unui sistem care are premontate, pe spatele plăcilor ceramice, bare de rigidizare din aluminiu extrudat, solidarizate cu piulițe autoblocante, în șuruburile din oțel inoxidabil din ploturile ceramice. Între ploturi și piesele metalice se prevăd garnituri din neopren.



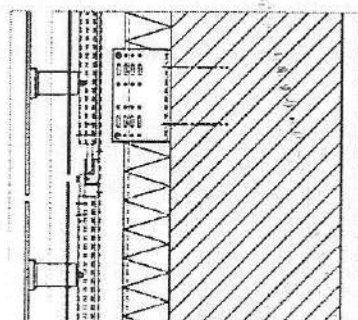


Fig. 7.70. Placaj RADAR PLUS.

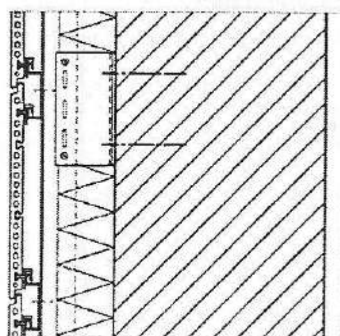


Fig. 7.71. Placaj KERAION PLUS.

Sistemul RADAR PLUS® dezvoltat în colaborare cu specialişti din domeniul radiofrecvenţei, presupune absorbţia a circa 90-99% din undele radar incidente pe suprafaţă. Este recomandată utilizarea sa pentru placarea ceramică a clădirilor care formează ansamblul aeroporturilor şi în cazul clădirilor înalte din proximitatea acestora, pentru evitarea apariţiei *imaginilor fantomă* sau a ecourilor parazitare. Sistemul de fixare este similar celui anterior, dimensiunile maxime ale plăcilor putând fi 1200 × 1200 mm.

Dezvoltarea, mai ales ca o soluţie de reabilitare, a placajelor de dimensiuni mici este o componentă de protecţie şi finisaj a sistemului KERAION PLUS®, fiind constituit dintr-o placă ceramică de dimensiuni mari (*max.* 1200×1200 mm), pe care sunt lipite plăci de dimensiuni mici.

Din punct de vedere al fixărilor pe suport, sistemul este asemănător cu cele prezentate anterior.

În gama de soluţii dezvoltate de firma AGROB BUCHTAL se numără şi sisteme mai economice, cu fixare cu agrafe aparente, din oţel inoxidabil.

Prezentăm câteva variante ale unor astfel de sisteme, cunoscute sub denumirea de KERAION. Dimensiunile plăcilor pot fi de 600 × 600; 600 × × 900 şi 900 × 900 mm.

Este de remarcat, în ambele variante, că sistemul asigură posibilitatea reglajului fin pe cele trei direcții.

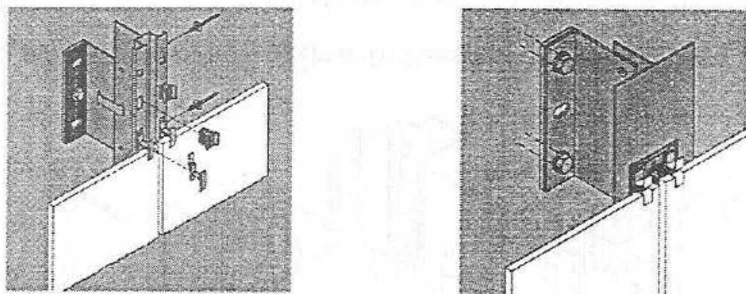


Fig. 7.72. Sistem KERAION și agrafe.

O soluție mai economică este cea reprezentată de sistemul KERFACE®, în care plăcile ceramice sunt montate cu agrafe vizibile, din oțel inoxidabil, pe un schelet din aluminiu sau lemn. Trama scheletului de susținere este 500x250 mm, pentru plăci cu dimensiunea de 492×285 mm, și de 600×250 mm, pentru plăci cu dimensiunea de 592×285 mm. Aspectul este, după cum se vede în figura 7.73, acela de caplama.

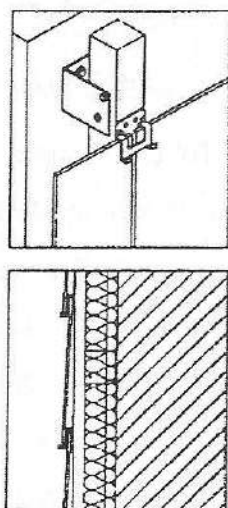


Fig. 7.73. Detaliu de prindere al sistemului KERFACE.

O altă variantă de placare în sistem ventilat este cea prezentată în figura 7.74. Montantul, din aluminiu extrudat, este astfel conceput încât să permită montarea unor garnituri de etanșare continue între agrafe, împiedicând astfel pătrunderea apei dincolo de montantul care are rol și de canal colector de apă. Se presupune că apa nu intră prin rosturile orizontale, ci doar aerul încărcat cu umiditate, motiv pentru care sistemul este ventilat.

Observație. Cu excepția sistemului QUADRO – care prevede existența ploturilor ceramice – unele dintre sistemele de prindere și asamblare cu

agrafe mascate și vizibile apar și la alte firme de produse ceramice (COOPERATIVA CERAMICA D'IMOLA, FLOOR GRES ș.a.), având în vedere că piața de desfacere a produselor metalice pentru solidarizare și fixare este reprezentantă de firmele producătoare de produse ceramice.

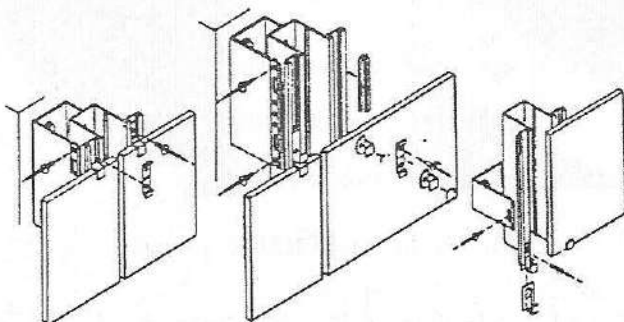


Fig. 7.74. Sistem TOP-COOPERATIVA CERAMICA D'IMOLA.

Tot din documentația tehnică a firmei AGROB BUCHTAL prezentăm câteva posibilități de rezolvare a unor *accidente* în câmpul fațadei. Racordarea a două câmpuri ceramice, dintre care unul este montat în sistem tradițional, celălalt în sistem de fațadă ventilată, se face cu un element de racordare realizat din tablă de aluminiu. În cazul schimbărilor de plan vertical sau chiar și numai la partea inferioară terminală a placajului, este necesară prevederea unei închideri din tablă de aluminiu perforată, pentru a permite scurgerea apei infiltrate în spatele placajului.

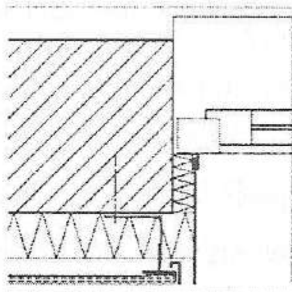


Fig. 7.75. Schimbări de plan orizontal.

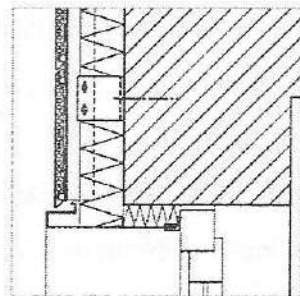


Fig. 7.76. Schimbări de plan vertical.

Posibilitățile de rezolvare a zonelor de colț ieșind (fig. 7.77) și colț intrând (fig. 7.80) sunt variate, atât ca geometrie cât și ca materiale. Muchia poate fi rezolvată fie cu plăci ceramice (curente sau speciale, ca în figura 7.77), fie cu elemente din tablă de aluminiu lăcuită, ca în exemplele din figurile 7.78 și 7.79.

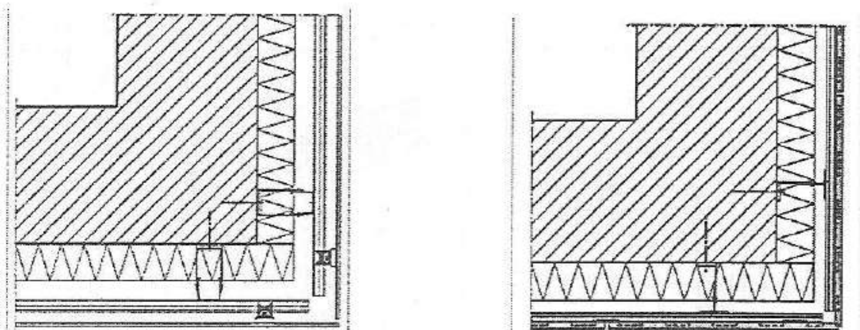


Fig. 7.77. Rezolvări de colț ieșind, cu piese ceramice.

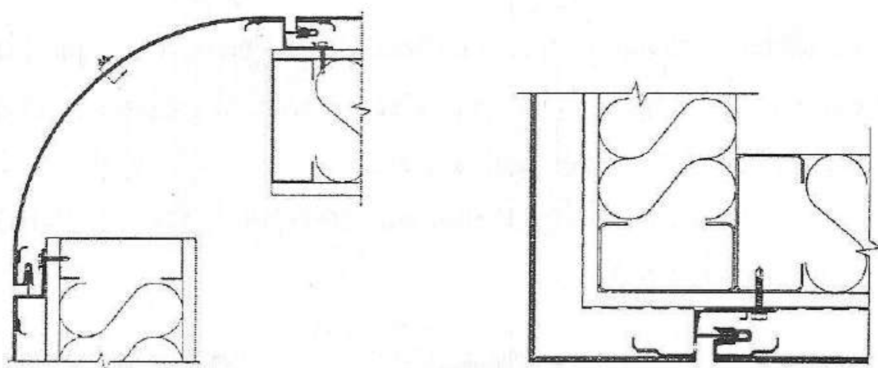


Fig. 7.78. Rezolvări de colț ieșind, cu elemente din tablă de aluminiu.

Este posibilă și soluția în care intervenția metalică este discretă, dar constituie o verticală marcată, muchie vie, a colțului fațadei (fig. 7.79).

În ceea ce privește colțul intrând, se observă că, la nivel de principiu, rezolvările sunt relativ similare, adică fie cu piese ceramice, fie cu tablă de aluminiu (fig. 7.80).

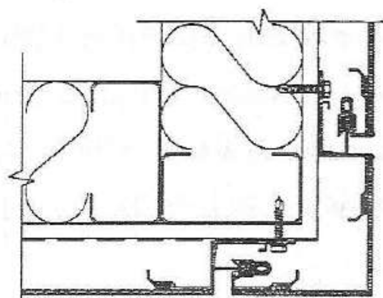
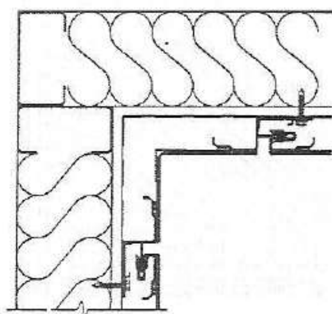


Fig. 7.79. Rezolvări de colț ieșind, cu muchie metalică.



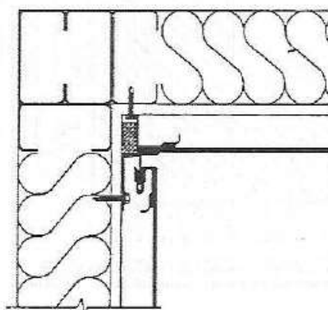
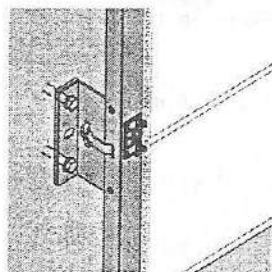


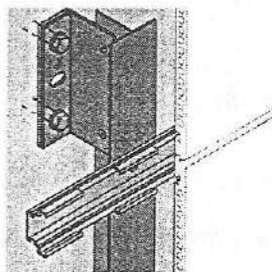
Fig. 7.80. Rezolvări de colț intrând.

Un sistem particular nou, care utilizează un tip particular de plăci ceramice este sistemul KERATWIN® (fig. 7.81). Plăcile, în grosime de 15 mm, permit fixarea agrafelor în perforațiile laterale.

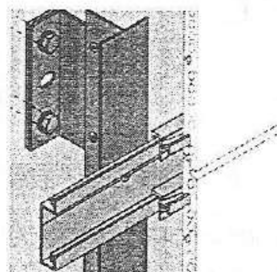
Dimensiunile uzuale ale plăcilor sunt 400×200, 500×250, 500×280, 600×2250 sau 600 × 280 mm.



a



b



c

Fig. 7.81. Placaj KERATWIN:
a – Tip K1; *b* – Tip K3; *c* – Tip K12.

În cazul placajelor ceramice, rostul dintre plăci are lățimea de 8 mm, drept pentru care dimensiunile plăcilor sunt de fapt mai mici cu 8 mm.

Firma SICOF propune sistemul SPIDER CLIP®, cu aptitudine de utilizare atât pentru plăci din piatră cât și pentru plăci ceramice (fig. 7.82).

Agrafele speciale, elastice, permit preluarea mișcărilor datorate micro-seismelor, vântului și însoririi excesive.

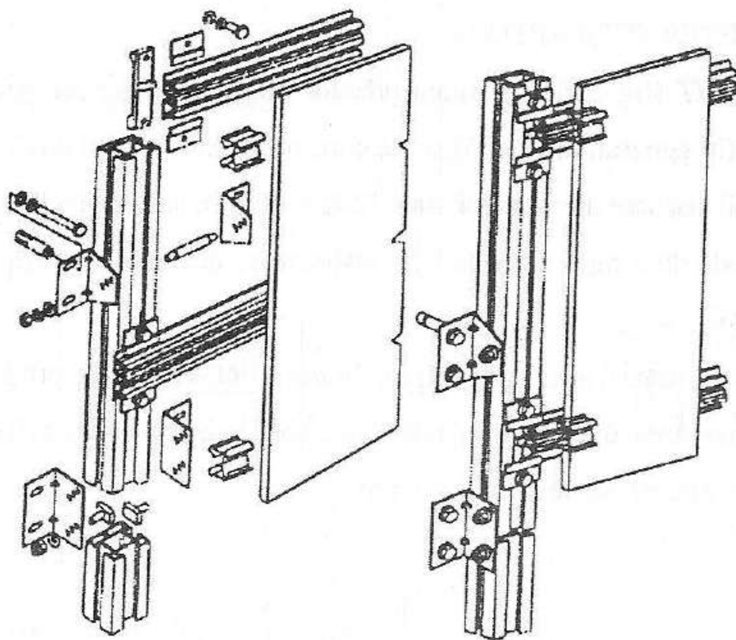


Fig. 7.82. Sistem SICOF.

Prefabricate pe bază de ciment. Cu aspect de caplama, fâșiile din beton, cu dimensiunile aparente de 600 × 100 mm și grosime de circa 30 mm, sunt ușor de manevrat și montat, datorită geometriei speciale a ansamblului fâșie-profil de montaj, care permite agățarea elementelor, fără a mai fi nevoie de elemente suplimentare de solidarizare. El se montează pe o rețea de lemn sau metal, fixată în perete (fig. 7.83). Produse în Suedia, au fost importate și, ulterior, s-au fabricat și în România.

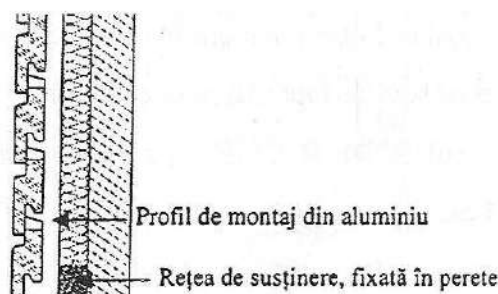


Fig. 7.83. Sistem COLOROC.

Plăci din materiale minerale. Vom prezenta în continuare sistemele de placaje ETERNIT și ARDAL.

ETERNIT (fig. 7.84). Fixarea plăcilor pe componenta de prindere și asamblare (în general, din lemn) se face tot pe sistemul „caplama", cu cuie. Dimensiunile uzuale ale plăcilor sunt 1242×300 mm sau 1690×190 mm, iar grosimea este de 8 mm. Scheletul de susținere se dispune la interax de 565 sau 625 mm.

Este de remarcat că, în dreptul îmbinărilor verticale, producătorul propune inserarea unei fâșii pentru etanșare. Suprapunerea orizontală a elementelor este de 30, respectiv 60 mm.

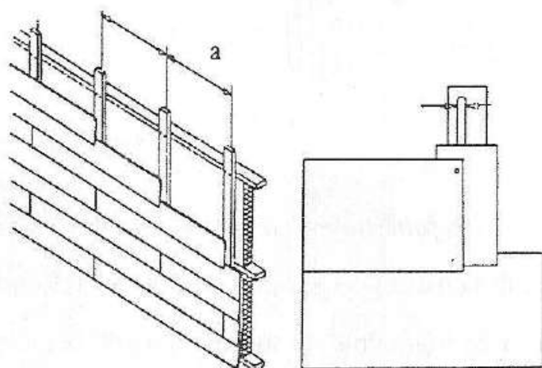


Fig. 7.84. Sistem de fațadă ETERNIT: *a* – interax montanți.

ARDAL (fig. 7.85). Firma franceză ARDOISIERES D'ANGERS produce un sistem de placaje pentru fațade ventilate cu plăci din materiale minerale (88%) și rășini termoplastice (12%). Dimensiunile standard ale

plăcilor sunt: 900 × 250 mm (la pas de 50 mm), la grosimi de 33 mm. Pe spatele plăcilor sunt fixate benzi de polistiren de 20 mm grosime.

Producătorul asigură şi rezolvări pentru zonele specifice ale faţadei – colţuri, racordări (fig. 7.86), realizând şi elemente decorative de brâuri şi cornişe.

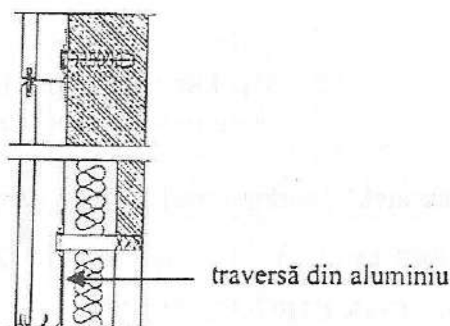


Fig. 7.85. Sistem ARDAL.

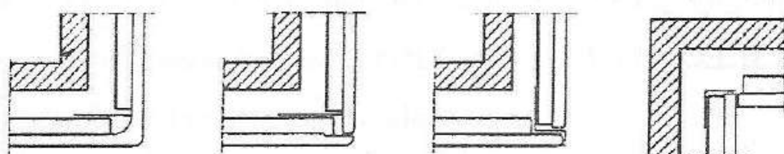


Fig. 7.86. Sistem ARDAL, rezolvări de colţ.

7.9.16. Elemente metalice

Elemente liniare. Sistemele de fâşii din aluminiu HUNTER DOUGLAS®, ale firmei LUXAFLEX, sunt uşor de manevrat şi de montat, graţie geometriei lamelelor şi profilului de montaj. Rosturile dintre plăci se închid cu elemente similare, prin clipsare. Fâşiile se pot fabrica la orice lungime, lăţimea lamelelor variind, în funcţie de tip, între 84 şi 200 mm. Există şi o gamă de elemente curbe, pentru realizarea racordărilor la colţuri, precum şi detalii de principiu pentru zonele speciale previzibile ale anvelopei.

Finisarea suprafeţelor metalice se face prin dublă emailare.

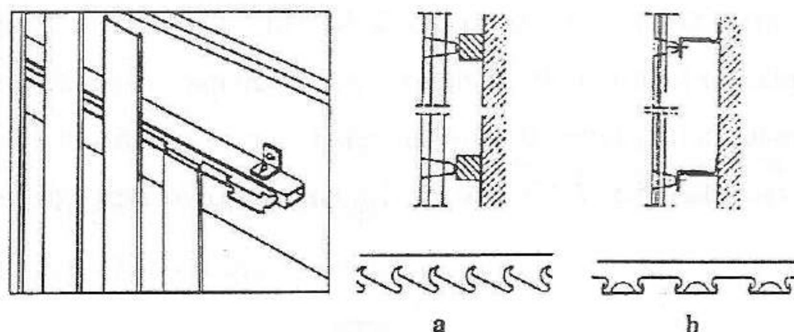


Fig. 7.87. Sistem HUNTER DOUGLAS:
a – cu elemente oblice; *b* – cu elemente verticale.

Panouri. Una dintre marile firme de sisteme de fațade ventilate, realizate din panouri de aluminiu, constituită în Germania și dezvoltată ulterior în SUA, este firma CHRISTIAN POHL.

Sistemele promovate de POHL GROUP (ECOPANEL®, EUROPANEL® și ECOPLATE®) (fig. 7.88 și 7.89) au la bază teoria ecranului pluvial și respectă cerințele acesteia până în cele mai mici detalii (tipul de îmbinare între panouri, sistemul de evacuare a apei pătrunse în spațiul dintre placaj și perete, posibilitatea de ventilare a acestui spațiu etc.).

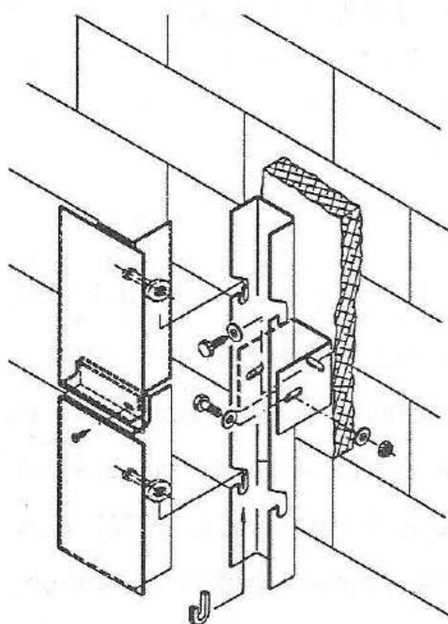


Fig. 7.88. Sistem POHL.

De asemenea, s-a luat în considerare efectul neplăcut al zgomotelor produse în timpul dilatării panourilor metalice, ca urmare a frecării dintre elementele de placare și traversele locale ale montantului-canal, drept pentru care panourile sunt montate pe garnituri din

neopren. Panourile ALCAN®, din aluminiu, au grosimea de 2-2,2 mm; pot fi produse până la o lungime maximă de 6000 mm, în condițiile unei lățimi curente de 1650 mm. La cerere, se pot realiza panouri cu lățime de până la 3048 mm. Panourile sunt lăcuite și protejate cu rășini sintetice.

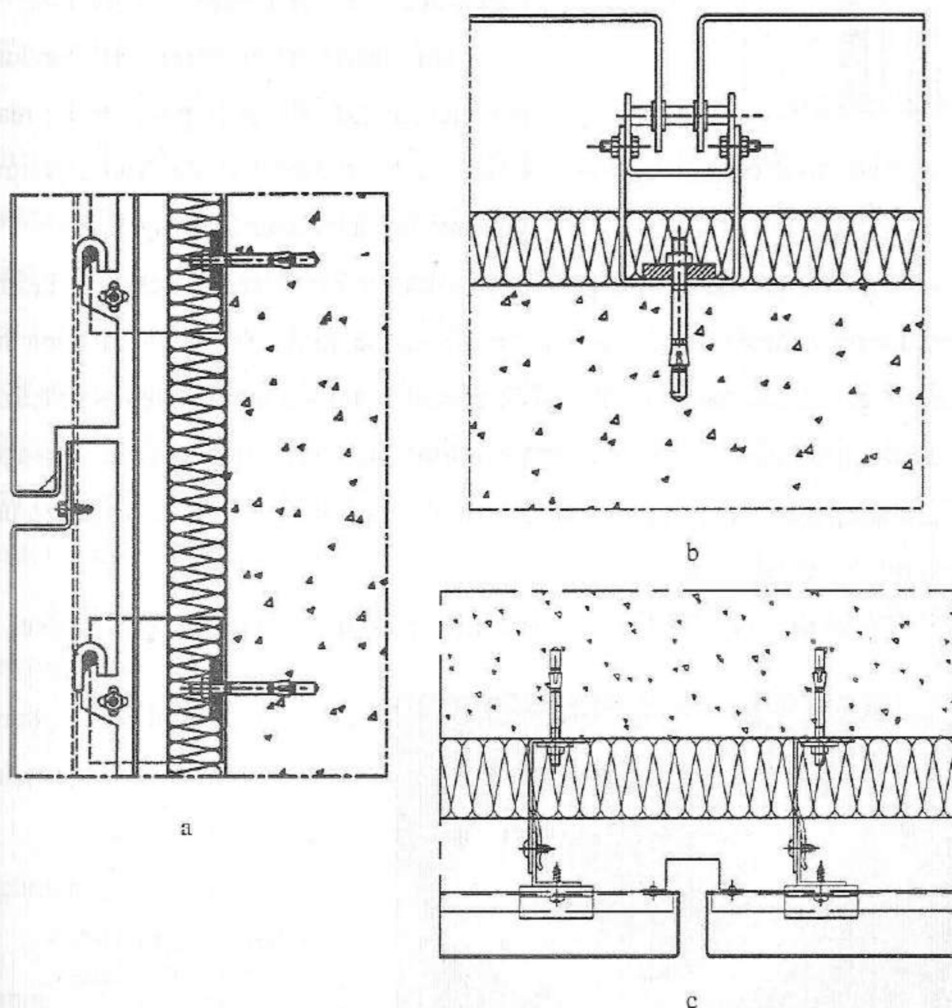


Fig. 7.89. Sistem POHL:
a – secțiune verticală; *b* și *c* - -secțiune orizontală curentă.

Există, în cataloagele tehnice, detalii de principiu pentru zonele specifice din cadrul fațadei, cum ar fi posibilitățile de rezolvări la colț, racordări cu

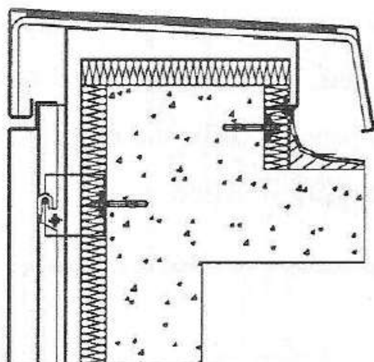


Fig. 7.90. Sistem POHL – rezolvări de atice.

ferestre, atice, socluri etc. (fig. 7.90). Firma – ca foarte multe altele – asigură consultanță și propune soluții, în cazuri speciale. Prezent pe piața europeană, sistemul POHL nu a ajuns în România.

Un sistem asemănător, de panouri metalice, a fost utilizat la proiectul de reabilitare a „Gazometrelor" din Viena, pentru placarea fațadelor interioare (fig. 7.91).

Funcțiunea de spațiu public a primelor niveluri ale acestei clădiri presupune zgomot și acesta s-ar amplifica pe înălțime, exact în zona în care se găsesc apartamente. Panourile metalice din aluminiu, care delimitează spațiul atriumului în zona apartamentelor, au perforații fine pe întreaga suprafață pentru ca, împreună cu plăcile de vată de sticlă, să se realizeze un ansamblu fonoabsorbant.

Proiectul, acum în fază de execuție, aparține arhitectului Jean Nouvel.

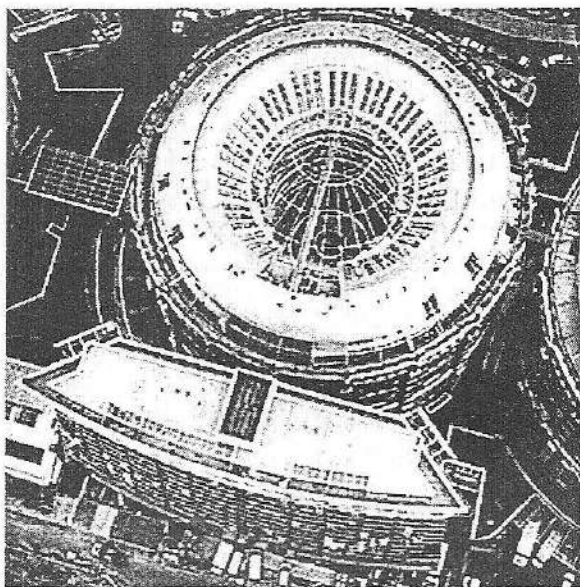


Fig. 7.91. Imaginea clădirii Gazometrelor din Viena – ianuarie 2001.

Panouri cu alcătuire complexă. În România, cel mai răspândit sistem de placaj metalic montat cu tehnologie uscată, ALUCOBOND®, este produs de firma elvețiană ALUSUISSE.

La noi, denumirea a devenit sinonimă cu *sistem uscat de placaj cu panouri metalice* și sistemul a fost urmat de pătrunderea pe piața românească a multor *replici*, cu calități inferioare.

Soluțiile ALUCOBOND® oferă atât posibilitatea prinderii aparente pe scheletul de susținere, în cazul plăcilor plane, cât și a fixărilor mascate într-un sistem care, la nivel de principiu, are elemente comune cu sistemul POHL®. În acest sistem, pătrunderea apei împinse de vânt este împiedicată, datorită rostului orizontal de tip *labirint*. Apa pătrunde prin rosturile verticale în montantul-canal și este eliminată în exterior la baza fațadei. Varianta din figura 7.92,*c* prezintă o soluție cu marcarea atât a orizontalei cât și a verticalei, prin prevederea unui profil de acoperire a rosturilor verticale, tot în formă de canal colector, care conduce apa în exteriorul fațadei, nu în spatele placajului.

Plăcile cu miez gros (*min.* 20 mm) și cele metalice sunt utilizate frecvent, mai ales în domeniul construcțiilor industriale; au fost produse și în România, iar în ultimii ani au intrat pe piața românească și sisteme similare italienești.

Există și construcții civile la care s-a optat pentru aceste soluții, un argument fiind viteza de montaj.

Geometria canturilor, în lambă și uluc, foarte elaborată, permite o îmbinare sigură între plăci, iar fixarea efectivă a scheletului de susținere se face cu cuie, în lamba, mai lungă, a plăcii.

Plăcile celulozice, realizate la presiune înaltă. Exemplificăm acest sistem prin două variante: cu fixare aparentă și cu fixare mascată, pe bază de adeziv.

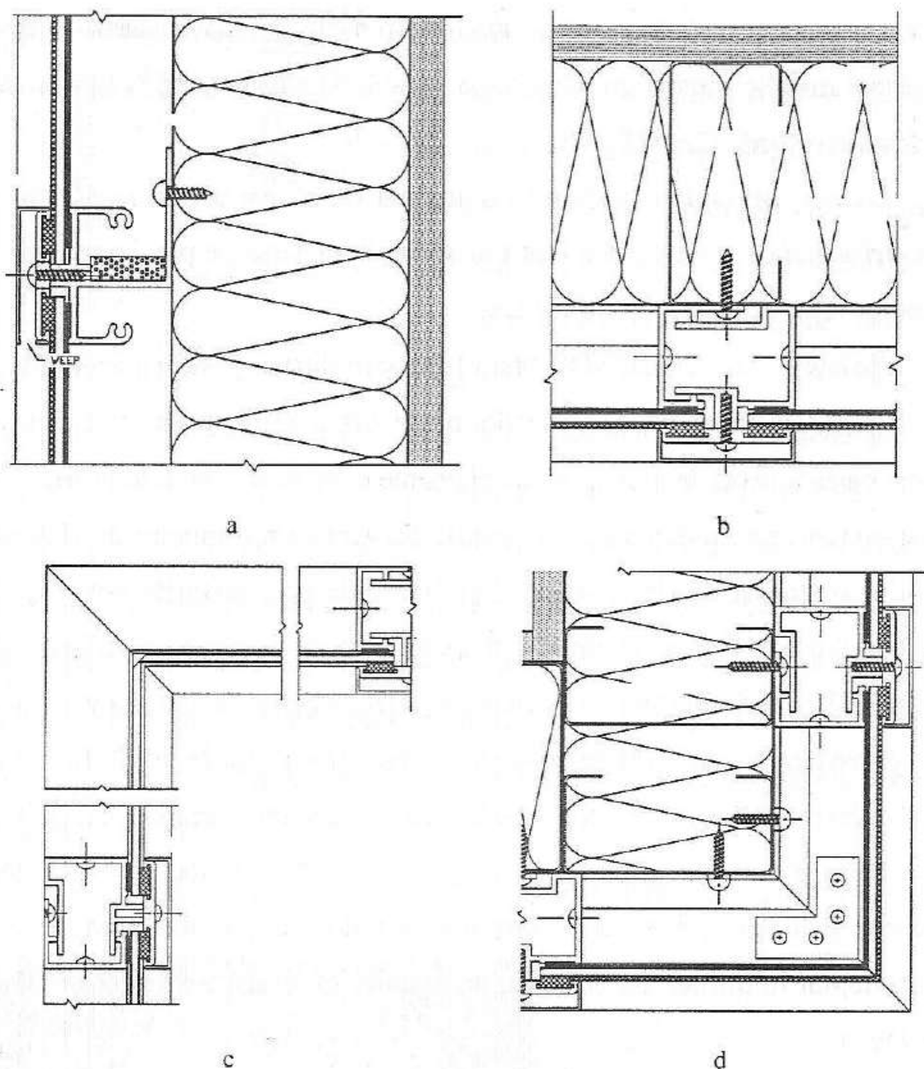


Fig. 7.92. Sistem ALUCOBOND:

a – secțiune verticală; *b* – secțiune orizontală; *c* – colț intrând; *d* – colț ieșind.

Dimensiunile plăcilor permit o montare rapidă și corectă, iar scheletul de susținere al placajului poate fi realizat atât din lemn (impregnat) cât și din aluminiu.

Solidarizarea, cu șuruburi aparente sau nituri, trebuie făcută astfel încât să poată fi asigurată posibilitatea de mișcare a plăcilor, datorită dilatărilor termice provenite din însorire.

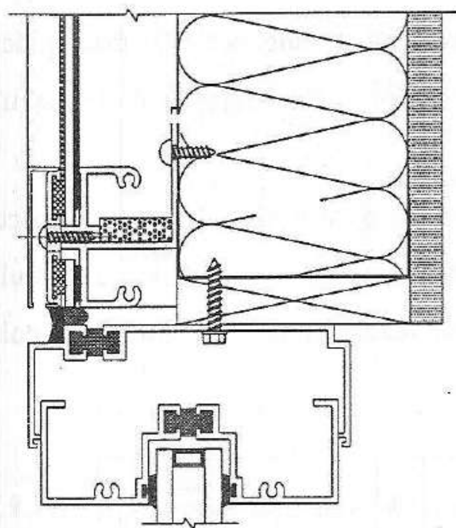


Fig. 7.93. Sistem ALUCOBOND, detaliu în zona ferestrei.

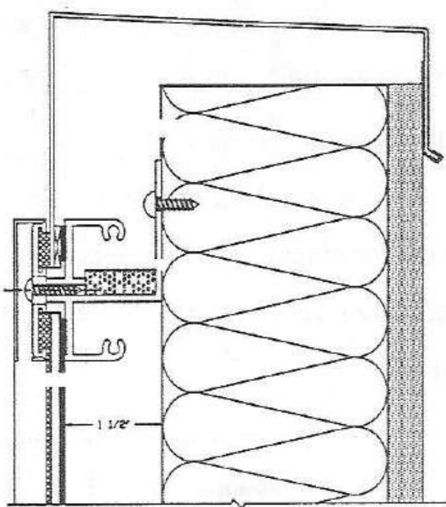


Fig. 7.94. Sistem ALUCOBOND, detaliu în zona aticului.

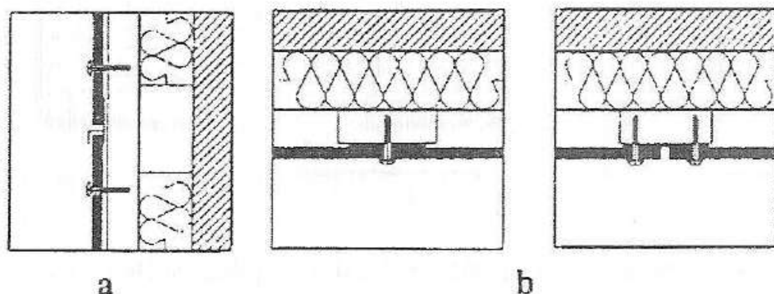


Fig. 7.95. Sistem MAX ISOVOLTA:
a – secțiune verticală; *b* – secțiuni orizontale – fixare în mijlocul plăcii și la margine.

Astfel, pe înălțimea unei plăci există doar un punct în care fixarea plăcii de scheletul de susținere este rigidă; celelalte găuri practicate în placă, deasupra și dedesubtul punctului rigid de fixare, au diametrul progresiv, mai mare cu câte 2 mm la fiecare metru. Capetele sau căpăcelele șuruburilor trebuie să asigure acoperirea găurilor din placă. În mod clar, sistemul nu permite utilizarea șuruburilor cu cap îngropat. Într-o

secțiune orizontală prin punctele de fixare nu trebuie să fie, la două plăci alăturate, două puncte fixe. Rostul dintre plăci este, ca și în cazul celorlalte placaje, de 8 mm.

Firma producătoare oferă detalii pentru zonele speciale: racordarea cu restul anvelopei verticale opace, finisată în alt sistem, racordarea cu aticul, racordarea cu anvelopa verticală vitrată, rezolvări de colț intrând și colț ieșind.

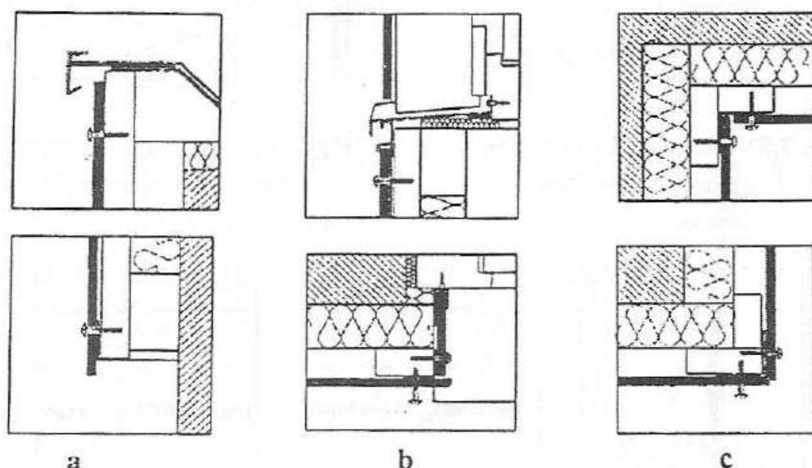


Fig. 7.96. Sistem MAX ISOVOLTA (la baza placajului, la atic) – racordarea cu o fereastră:
a – secțiuni verticale terminale; *b* – secțiuni (orizontală și verticală);
c – secțiuni orizontale de colț (intrând/ieșind).

În cazul sistemelor MAX ISOVOLTA există o gamă de variante de fixare în perete a scheletului de susținere, care asigură posibilitatea depărtării de acesta cu până la 330 mm.

În ultimii ani s-a pus la punct un sistem alternativ de montare a plăcilor, prin lipire cu adeziv SIKA (fig. 7.97). Pregătirea suportului, condițiile de montare, timpul necesar pentru polimerizare, materialele și sculele necesare sunt prevăzute în documentațiile tehnice ale firmei austriece.

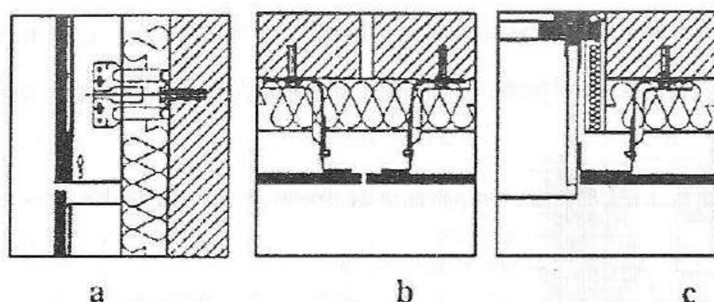


Fig. 7.97. Sistem MAX ISOVOLTA – SIKA TACK PANEL®:
a – secțiune verticală; *b* – secțiune orizontală; *c* – racordare cu fereastra.

7.9.17. Zidărie aparentă, în alcătuiri complexe, cu strat de aer

În regiunile din zona Mării Nordului, mai ales în Olanda şi Germania, se utilizează, de mai bine de 90 de ani, pereții cu alcătuire dublă şi strat de aer, în ideea realizării unei mai bune protecții împotriva intemperiilor şi umidității. În timp, pentru realizarea unor economii în ceea ce priveşte energia termică, în condițiile creşterii parametrilor de confort, în spațiul de aer a fost interpusă o izolație termică eficientă.

Alcătuire de principiu. Acest tip de subansamblu respectă, la nivel de elemente constitutive, tiparul peretelui-mantou. Regăsim toate componentele, cu precizarea că în ceea ce priveşte componenta de producție, aceasta este un tip de zidărie densă, compactă şi cu caracter estetic. Diferențe se înregistrează şi în ceea ce priveşte tipul componentelor de prindere-asamblare, având în vedere că rolul acestora este complex.

După tipul de parament exterior, pereții cu alcătuire complexă pot fi:

– cu parament exterior de tip zidărie, caz în care problema comportării la seisme devine acută, din cauza separării de structură a paramentului greu;

– cu parament exterior de tip TEST, cu aceleaşi condiționări ca şi la pereții cu alcătuire tradițională;

– cu parament exterior de tip placaj, cu aceleaşi condiţionări ca şi la pereţii cu alcătuire tradiţională (zidărie sau diafragme din beton armat).

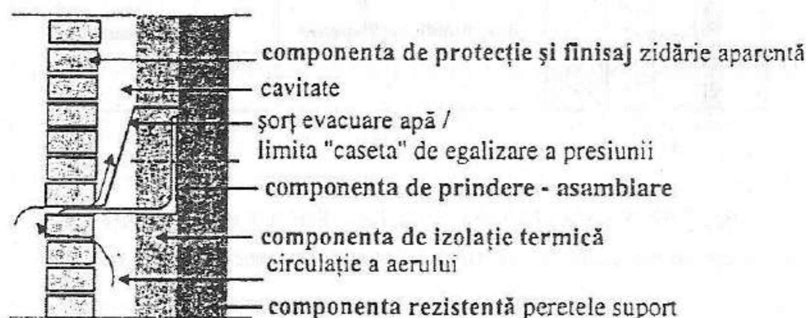


Fig. 7.98. Alcătuire de principiu pentru zidăria complexă aparentă.

Componenta existentă – peretele-suport. Poate fi realizată din orice tip de blocuri de zidărie (cărămidă, beton, b.c.a.), din beton armat sau chiar în alcătuiri uşoare, pe schelet. Poate avea o grosime rezultată din calcule, în funcţie de tipul de material folosit, cuprinsă între 12 cm (pentru beton) şi 18-20 cm (blocuri din b.c.a., blocheţi de beton). S-ar putea utiliza şi cărămidă plină, asigurând peretelui o grosime de 25 cm.

Din punct de vedere gravitaţional, peretele de faţadă sprijină pe console fixate în peretele suport, pe care descarcă greutatea reprezentată de un etaj de zidărie. Grosimea acestui perete este de minimum 12 cm (lăţime de o cărămidă specială pentru acest tip de alcătuire POROTHERM®).

În concluzie, componenta rezistentă poate fi reprezentată de:

– pereţi din materiale tradiţionale, cu termoizolaţia îmbunătăţită;

– pereţi cu includerea de materiale termoizolante eficiente – pereţi cu alcătuire complexă, permeabili la difuzia vaporilor;

– pereţi cu alcătuire complexă, incluzând pe lângă termoizolaţii eficiente unele măsuri de control al migraţiei vaporilor de apă;

– pereţi cu alcătuire complexă, ventilaţi.

Rezistență și stabilitate. În străinătate există documentații referitoare la problematica acestui domeniu, dar, deoarece condițiile geoclimatice – mai ales cele seismice – și tehnologice sunt foarte diferite de cele ale țării noastre, aceste documentații nu pot fi prezentate și recomandate fără ca, în prealabil, să poată fi asigurată o bază teoretică privind criterii de selecție pentru aceste sisteme/subansambluri, în conformitate cu nivelurile de performanță necesare în România.

Peretele-suport trebuie dimensionat astfel încât să suporte sarcinile gravitaționale, care rezultă din greutatea proprie și din greutatea transmisă prin intermediul consolelor de peretele de fațadă, precum și acțiunile sarcinilor excepționale.

Peretele de fațadă trebuie să reziste sarcinilor gravitaționale, acțiunii sarcinilor excepționale (cutremure) și acțiunii factorilor climatici (presiunea vântului, cicluri de îngheț-dezgheț, însorire).

Observație. Având în vedere că acest tip de subansamblu s-a dezvoltat în țări cu risc seismic redus – sau inexistent – este obligatorie realizarea de studii teoretice și experimentale în vederea stabilirii condițiilor acceptabile pentru utilizare în cazul concret al României.

Din punct de vedere al răspunsului la sarcinile dinamice și la presiunea vântului, este necesară armarea, atât a peretelui suport cât și a celui de fațadă, cu bare metalice, inoxidabile sau tratate anticoroziv. Se recomandă ca legăturile dintre pereți să se facă la circa 0,20 m^2.

Observație. În lucrarea *Arhitectural Detailing*, Edward Allen consideră că rețeaua în H este preferabilă celei *în zăbrele*, întrucât crearea de triunghiuri indeformabile ar duce la o conlucrare prea intimă a celor doi pereți, expuși inegal la intemperii. Astfel, peretele de fațadă suferă dilatări ca urmare a însoririi, deformări pe care le-ar transmite, printr-o legătură prea intimă, peretelui suport (fig. 7.99).

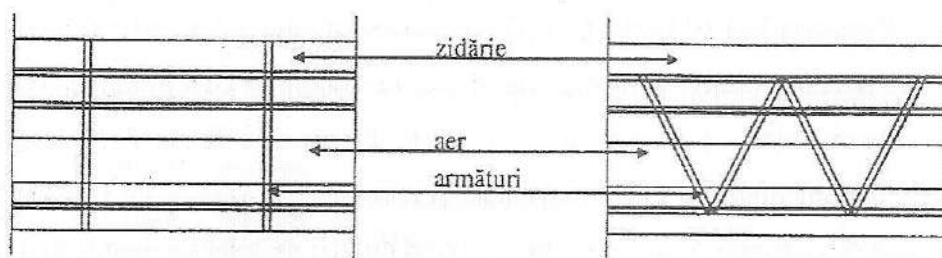


Fig. 7.99. Principii pentru armarea zidăriei complexe aparente.

Siguranța în utilizare. Nu sunt prevederi specifice pentru acest tip de alcătuiri, altele decât cele definite pentru întreaga gamă a pereților-mantou.

Protecția la foc. În funcție de tipul de izolație termică utilizată, aceste subansambluri pot fi încadrate în categoria greu sau mediu combustibile.

Igienă, sănătate, protecția mediului. Nu sunt prevederi specifice pentru acest tip de alcătuiri.

Izolația termică, hidrofugă, economia de energie. Pentru realizarea acestor subansambluri se utilizează aceleași tipuri de izolații termice ca cele prezentate în figura 7.100.

Grosimea izolației termice se recomandă a fi între 8 și 12 cm.

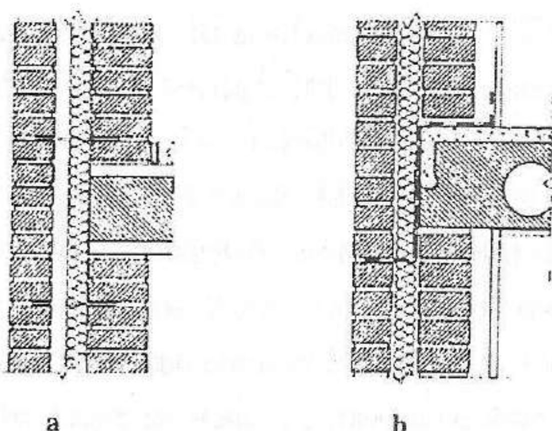


Fig. 7.100. Pereți cu alcătuire complexă și zidărie aparentă:
a – cu alcătuire ventilată; *b* – fără alcătuire ventilată.

Peretele de fațadă este cel supus intemperiilor (supraîncălzirii datorate însoririi), astfel încât se recomandă împărțirea acestuia în panouri separate prin rosturi de dilatare.

Datorită numărului mare de elemente de zidire legate prin rosturi, acest tip de subansamblu este în mod particular sensibil la umiditate (se pune mai acut problema pătrunderii prin capilaritate și aderență a apei de ploaie). De aceea, este necesară conceperea acestor sisteme în alcătuire ventilată, pentru a favoriza evacuarea apei infiltrate prin stratul de aer.

Măsurilor de eliminare a apei le este adăugată prevederea, în spațiul cavității, a unor șorțuri de tablă inoxidabilă, care să dirijeze și să evacueze apa înspre exterior, lăcrimare și spații pentru ventilație, prin lăsarea unora dintre rosturi neumplute, pentru circulația aerului, la partea inferioară și la partea superioară a camerelor de egalizare a presiunilor.

Este necesară și aici realizarea de camere pentru egalizarea presiunilor și, implicit, asigurarea unei puternice bariere împotriva aerului, aceasta poate fi însuși peretele, tencuit sau nu, ori o membrană etanșă la aer, dacă peretele suport nu asigură suficientă rezistență din acest punct de vedere.

Evitarea formării punților termice se face în același mod ca la întreaga gamă a pereților-mantou.

Protecția acustică. Măsurători efectuate pe diferite tipuri de subansambluri nestructurale de zidării cu alcătuire complexă au pus în evidență faptul că, în cazul acestor alcătuiri, indicele de izolare la zgomot aerian tinde spre 60 dB. Masa peretelui de fațadă, mai mare în raport cu masa finisajelor anterior menționate, duce la această valoare.

Desigur, valorile prezentate sunt înregistrate *în câmp*; în zona îmbinărilor sau la schimbarea alcătuirilor (zonă opacă-zonă vitrată), posibila apariție a punților fonice alterează valorile indicelui de izolare la zgomot aerian.

Condiții de durabilitate. Pentru România, domeniul pereților exteriori cu alcătuire complexă este foarte nou, iar, pe de altă parte, drept urmare a reglementărilor actuale, sistemele de pereți exteriori cu alcătuire tradițională sau utilizând materiale tradiționale nu mai corespund din punct de vedere termic.

În consecință, recuperarea decalajului tehnologic, amintit anterior, este deosebit de *rapidă*, datorită importului masiv al unor sisteme și produse radical diferite de cele tradiționale, dar și *riscantă*, câtă vreme nu există o puternică susținere teoretică și experimentală pentru acestea.

8.

PLANŞEE

8.1. Elemente generale

Planşeele sunt elemente de suprafaţă plană, de regulă orizontale, care compartimentează pe verticală clădirea, având rol de separaţie interioară între etaje sau de separaţie a clădirii de mediul exterior (ultimul planşeu). Ele pot fi considerate ca un sistem în raport cu propria lor structură, fiind alcătuite dintr-un ansamblu de componente cu funcţiuni diverse.

Componenta principală a sistemului este planşeul propriu-zis, restul componentelor fiind: pardoseala, plafoanele, izolaţia, iar alcătuirea lor diferă în funcţie de poziţia pe care acestea o ocupă în construcţie şi de performanţele care se cer pentru a satisface exigenţele utilizatorului.

În funcţie de natura şi de modul de ocupare a spaţiilor pe care le separă, planşeele se pot clasifica în: planşee peste logii şi balcoane, planşee peste spaţii reci (subsoluri), planşee intermediare, planşee-terasă.

Ca urmare, planşeele-terasă şi cele peste subsol aparţin sistemului anvelopă şi se vor realiza cu izolaţii; planşeele intermediare fac parte şi din subsistemul compartimentări interioare şi conţin în structura lor componenta pardoseală, tratată în mod curent ca element de finisaj.

Sistemele constructive ale planşeului propriu-zis au evoluat în paralel cu evoluţia materialelor de construcţie.

În prezent, există o mare diversitate de materiale utilizate: lemn, produse ceramice, metal, beton armat, monolit sau prefabricat.

8.2. Clasificarea planşeelor

Clasificarea planşeelor se face după mai multe criterii.

• Din punct de vedere structural, planşeele se pot realiza în următoarele soluții constructive:

– elemente liniare (grinzi, fâşii) (de exemplu, planşee din lemn sau din beton, la care distanța între grinzi este foarte mică);

– elemente liniare şi elemente de suprafață (plăci);

– elemente de suprafață.

• După modul de realizare, planşeele se clasifică astfel:

– planşee monolite;

– planşee prefabricate;

– planşee mixte.

• După modul de alcătuire, planşeele pot fi:

– planşee cu plăci;

– planşee cu plăci şi grinzi;

– planşee cu nervuri dese;

– planşee casetate;

– planşee-ciuperci;

– planşee tip dală.

• După modul de transmitere al încărcărilor la rezemare, planşeele pot fi:

– planşee care transmit încărcările după o singură direcție;

– planşee care transmit încărcările după două direcții.

• După funcţiunea şi poziţia lor în construcţie pot fi:

– planşee-terasă;

– planşee pentru nivelurile curente;

– planşee peste subsoluri;

– planşee carosabile;

– planşee speciale (duble, cu spaţiu tehnic, terasă cu pistă pentru elicoptere etc.).

• După forma în plan, planşeele se pot clasifica în:

– planşee orizontale;

– planşee în pantă (amfiteatre, scări).

Alegerea soluţiei de planşeu se face pe considerente tehnico-economice, cu respectarea condiţiilor de rezistenţă, de rigiditate şi de funcţionalitate, privind: izolarea fonică, izolarea termică, izolarea hidrofugă, protecţia anticorosivă şi protecţia contra incendiilor.

Grosimea planşeului însumează grosimea plăcii, a pardoselii, a tencuielii şi este condiţionată de exigenţele impuse de confortul termic şi acustic. Plafoanele trebuie să prezinte calităţi de ordin estetic, protecţie împotriva focului sau spaţiu tehnic pentru realizarea unor instalaţii. În cazul general, plafoanele cu funcţiuni speciale se realizează ca plafoane suspendate, demontabile sau care nu necesită un schelet de susţinere fixat de planşeu.

8.3. Exigenţe referitoare la planşeele clădirilor

Indiferent de modul de rezolvare tehnică, planşeele trebuie să îndeplinească o gamă largă de exigenţe.

• **Exigenţe tehnice** – acestea sunt:

– rezistenţa şi stabilitatea la starea limită de exploatare;

– siguranța la foc;

– durabilitatea.

Exigențele tehnice referitoare la stabilitatea și rezistența structurală la stări ultime impun realizarea unui planșeu cu un nivel de asigurare corespunzător prăbușirii clădirii, distrugerii lui sau legăturilor cu structura. Astfel, se vor lua toate exigențele asociate structurii cu privire la realizarea nivelului de asigurare necesar.

În timpul exploatării normale, planșeele trebuie să asigure:

– evitarea deformațiilor verticale excesive (tabelul 8.1);

– evitarea unor vibrații excesive sub acțiunea încărcărilor de exploatare;

– rezistența la șocuri produse de corpuri solide.

Tabelul 8.1

Valoarea limită a deformațiilor verticale

Valoarea deschiderii	Săgeată limită
Pentru deschideri $l < 5$ m	$l/200$
Pentru deschideri 5 m $< l <$10 m	25 mm
Pentru deschideri $l \geq 10$ m	$l/400$

În privința siguranței la foc, concepția planșeelor trebuie să urmărească:

– asigurarea integrității și a stabilității, asigurarea evacuării;

– asigurarea unui nivel corespunzător de reacție la foc a materialelor folosite;

– asigurarea unor rezistențe la foc minime pentru a împiedica propagarea (tabelul 8.2).

În privința durabilității planșeelor, aceasta se asigură prin alegerea judicioasă a materialului, prin eficiența elementelor de protejare și fixare.

• **Exigențe funcționale** – acestea sunt:

– confort higrotermic;

– confort acustic;

– etanşeitate.

Tabelul 8.2

Valorile limită ale rezistenţei la foc

Element portant	**Combustibilitatea şi limita minimă de rezistenţă la foc**				
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**
Grinzi şi nervuri	Incombustibile	Incombustibile	Greu combustibile	Greu combustibile	Combustibile
	1 oră	45 min	45 min	15 min	–

• **Exigenţe economice** – acestea se referă la alegerea unei soluţii judicioase, realizată cu costuri minime.

• **Exigenţe de ordin secundar** – acestea sunt:

– securitate a utilizării;

– confort vizual, tactil, antropodinamic.

8.4. Sisteme constructive pentru planşee

8.4.1. Planşee din beton armat

Betonul armat este materialul cel mai utilizat în prezent la execuţia planşeelor.

8.4.1.1. Planşee din beton armat monolit

Această soluţie asigură avantajul continuităţii elementului şi a elementului de structură în ansamblu.

Din punct de vedere structural, aceste planşee se pot realiza din plăci sau din plăci şi grinzi (fig. 8.1).

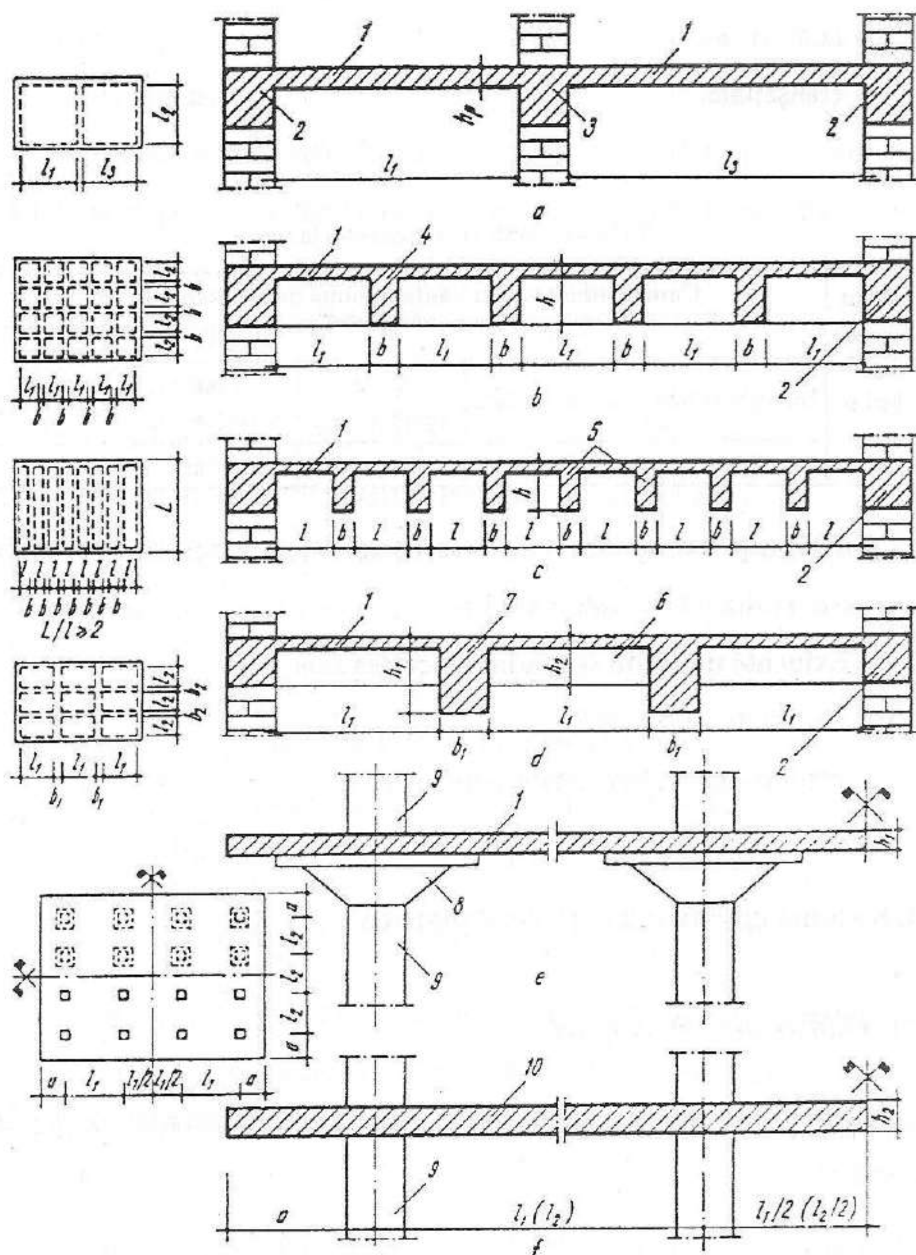
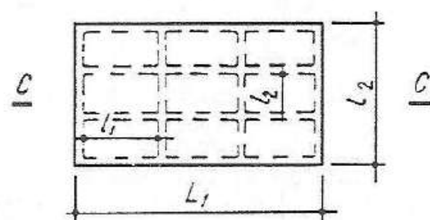


Fig. 8.1. Plan și secțiuni pentru diverse tipuri de planșee din beton armat monolit: *a* – plăci rezemate pe contur; *b* – planșeu cu rețele de grinzi (casetat); *c* – planșeu cu nervuri dese; *d* – planșeu cu grinzi principale și secundare (nervuri); *e* – planșeu-ciupercă; *f* – planșeu dală groasă; *1* – placă; *2* – centură exterioară; *3* – centură interioară (grindă, în cazul pereților interiori cu grosime de 12,5 sau 10 cm); *4* – nervura planșeului casetat; *5* – nervuri dese; *6* – grindă secundară; *7* – grindă principală; *8* – capitel; *9* – stâlp; *10* – dală groasă.

Planşeele cu plăci se utilizează la clădiri cu deschideri şi încărcări mici, având structură cu pereţi portanţi sau cu cadre din beton armat situate la 3-4 m.

Planşeele cu plăci şi grinzi se execută când deschiderile şi încărcările sunt mai mari.

Sistemul de planşeu cu plăci, grinzi principale şi secundare (fig. 8.2) este avantajos pentru modul de lucru al planşeului, pentru a fi foarte accentuată diferenţa de rigiditate a grinzilor secundare faţă de cea a plăcii şi cea a grinzilor principale faţă de cea a grinzilor secundare. Se utilizează la încăperi mari cu latura scurtă de 6,00-11,00 m, în care grinzile principale se dispun paralel cu latura scurtă, iar nervurile, paralele cu latura lungă. Uneori se introduc stâlpi intermediari pentru micşorarea deschiderilor grinzilor principale. Acest sistem acoperă deschideri mari, suportă încărcări mari; pereţii despărţitori pot fi distribuiţi oricum, cu rigiditate bună pe ambele direcţii.



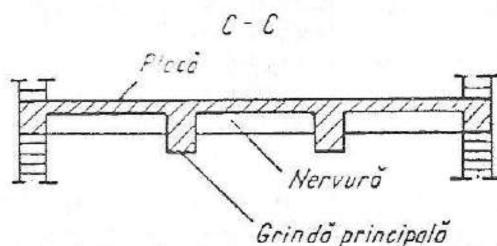


Fig. 8.2. Planşee cu plăci, grinzi principale şi grinzi secundare.

Planşeele din plăci şi nervuri dese (fig. 8.3) prezintă următoarele caracteristici:

– nervurile dispuse pe o direcţie şi cu deschideri ce depăşesc 4,00 m se rigidizează cu nervuri transversale aşezate la maximum 3,00 m;

– elementele de umplutură pot fi portante, şi atunci se realizează din beton uşor sau din materiale ceramice cu $R_c \geq 50$ daN/cm^2, şi nu mai mică decât 75% din rezistenţa betonului din nervuri;

– se utilizează la încăperi cu deschideri mari, cu latura mică de 6,0-12,0 m;

– planşeul are grosime mică şi aspect arhitectural plăcut; soluţia permite utilizarea cofrajelor de inventar;

– prezintă calităţi termo şi fonoizolatoare bune, în cazul în care se folosesc elemente de umplutură;

– au consum mare de oţel şi cofraj, se caracterizează prin comportare nesatisfăcătoare la încărcări dinamice, încărcările se transmit numai pe laturile lungi ale planşeului, prezintă o diferenţă apreciabilă de rigiditate pe cele două direcţii.

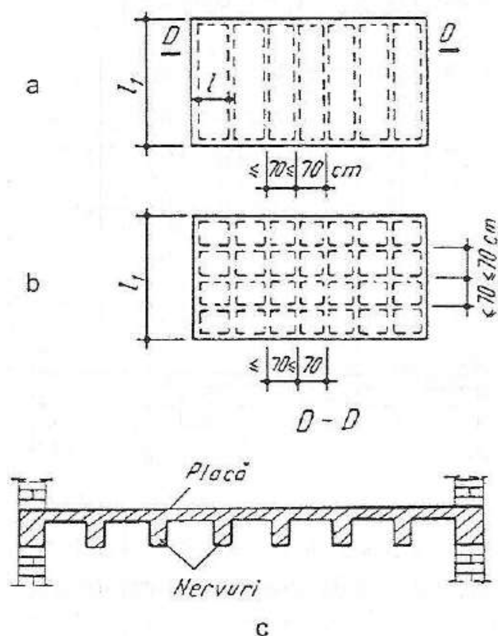


Fig. 8.3. Planşee cu nervuri dese:
a – cu nervuri dispuse pe o direcţie;
b – cu nervuri dispuse pe două direcţii;
c – cu nervuri şi elemente de umplutură.

Dezavantajul acestor tipuri de planşee îl constituie neaplicarea acestei soluţii în cazul acţiunilor dinamice.

Planşeele cu reţele de grinzi (fig. 8.4) prezintă următoarele caracteristici:

– reţelele ortogonale lucrează favorabil pentru raportul $L_2/L_1 \leq 1,5$ (pentru încăperi mai lungi se introduc grinzi principale); reţelele oblice lucrează favorabil pentru raportul $L_2/L_1 \leq 3$;

– se utilizează la încăperi cu suprafeţe şi înălţimi mari (latura mică a încăperii, de 8,00-20,00 m);

– au aspect arhitectural plăcut şi grosime mică, o capacitate bună de preluare a încărcărilor concentrate (poziţia în plan a pereţilor despărţitori poate fi oarecare), rigiditate bună pe ambele direcţii ale planşeului, descărcare aproximativ uniformă pe toate laturile planşeului;

– au consum ridicat de beton, oţel şi manoperă, au cost ridicat;

– este recomandabilă folosirea cofrajelor de inventar care au forma unor cutii întoarse, cu colţuri rotunjite, executate din metal sau materiale plastice.

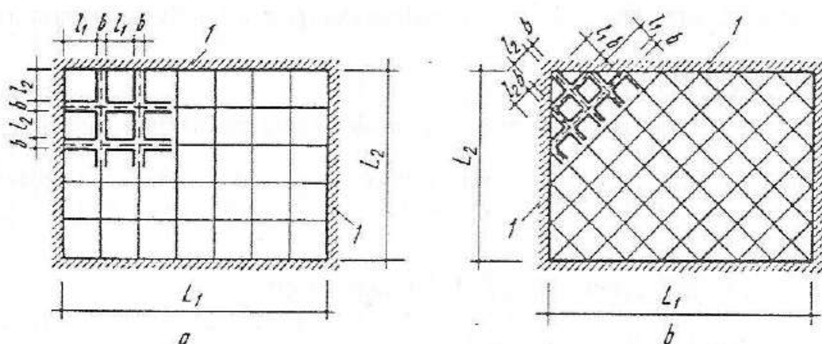


Fig. 8.4. Planşee cu reţele de grinzi (planşee casetate):
a – cu grinzi dispuse ortogonal; *b* – cu grinzi dispuse oblic.

Domeniul de utilizare al planşeelor casetate este:

– la clădiri cu cerinţe privind arhitectura tavanului;

– la încăperi cu suprafeţe şi înălţimi mari, condiţie care asigură realizarea efectului estetic;

– în general, la clădiri social-culturale, la clădiri comerciale, holuri mari etc.

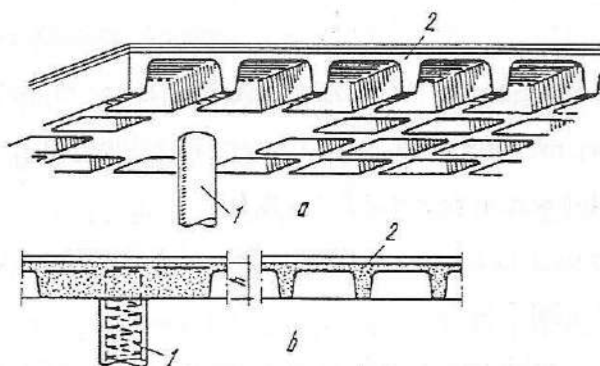


Fig. 8.5. Planşeu casetat rezemat pe stâlpi:
a – vedere la partea inferioară; *b* – secțiune; *1* – stâlp; *2* – planşeu casetat.

Avantajele planşeelor casetate sunt:

– aspectul arhitectural este superior celorlalte tipuri de planşee;

– înălțimea de construcție este mai mică, în comparație cu planşeele cu grinzi principale şi secundare;

– poziția pereților despărțitori autoportanți şi a încărcărilor concentrate este necondiționată;

– comportarea ca diafragme orizontale rigide pe ambele direcții;

– descărcarea este aproximativ uniformă pe elementele de susținere ale planşeului.

Dezavantajele acestor tipuri de planşee sunt:

– consumul de beton este ridicat;

– greutatea proprie este mare;

– manopera este mai ridicată şi execuția mai pretențioasă, atât la realizarea structurii cât şi la execuția finisajelor;

– consumul de cofraje este mare, dar se poate reduce mult prin utilizarea cofrajelor de inventar din casete din tablă sau din mase plastice armate, soluție care reduce simțitor şi gradul de finisare al tavanului;

– în general, sunt mai costisitoare comparativ cu planşeele cu grinzi principale şi secundare.

Planşeele din plăci rezemate pe stâlpi sunt realizate din plăci plane din beton armat rezemate direct pe stâlpi, fără intermediul grinzilor.

Evazarea stâlpilor la partea superioară a condus la denumirea lor de planşee-ciuperci. Capitelurile se pot realiza în diverse forme constructive, mărind suprafaţa de rezemare, aspect care conduce la reducerea deschiderilor de calcul şi la majorarea secţiunii de forfecare a plăcii la solicitări de străpungere în zona de rezemare a acesteia pe stâlpi.

Încărcările utile pot depăşi 500 daN/m^2. Prin renunţarea la capitel se obţin planşeele tip dală.

Dimensiunile geometrice recomandate din condiţii de rigiditate la planşeele-dală sunt:

– grosimea minimă a dalei se ia $l_{max}/30$, dar cel puţin 13 cm (l_{max} este deschiderea de calcul a dalei pe direcţia cu stâlpii dispuşi la distanţă mai mare);

– reţeaua de stâlpi se dispune la distanţe interax de 4-8 m, în funcţie de cerinţele de exploatare ale clădirii şi pentru un raport interax pe cele două direcţii de 1/1-1/2);

– secţiunea minimă a stâlpilor se ia de 25 × 25 cm;

– betoanele utilizate sunt de mărci superioare, minimum C12/16.

Planşeele-dală şi planşeele-ciuperci se comportă mecanic ca un sistem spaţial alcătuit din dală (placă) şi reţea de stâlpi. Calculul în stadiul elastic nu poate fi efectuat exact, din cauza dificultăţilor de scriere şi rezolvare a relaţiilor folosite în teoria elasticităţii, motiv pentru care s-a recurs la metode simplificate de calcul, prin descompunerea sistemului spaţial în sistem plan pe cele două direcţii. Astfel, în metoda cadrelor înlocuitoare, planşeul se împarte în cadre dispuse după cele două direcţii, pe fiecare direcţie cadrul considerându-se alcătuit din stâlpi şi placa aferentă (cu rol de grindă de cadru), de lăţime egală cu suma semideschiderilor panourilor adiacente.

Încărcările permanente sunt, în general, uniform distribuite pe lungimea riglei cadrului, iar încărcările utile se iau pe deschiderile care produc solicitările maxime în rigle, respectiv în stâlpi.

Solicitările determinate pentru rigla cadrului nu se distribuie uniform pe lățimea ei, întrucât fâșiile de placă după axele rețelei de stâlpi, numite *fâșii de reazem*, se comportă similar unei grinzi continue pe reazeme fixe (pe stâlpi), iar *fâșiile de câmp* se comportă ca grinzi continue cu reazeme elastice (reazemele fiind fâșiile de reazem care au rigiditate mai mare la încovoiere, întrucât se deformează mai puțin). Deci, fâșiile de reazem se vor încărca mai mult, fiind mai solicitate față de fâșiile de câmp, motiv pentru care solicitările determinate în ipoteza cadrului înlocuitor se distribuie diferențiat pe deschiderile dalei: mai mult fâșiilor de reazem și mai puțin fâșiilor de câmp (fig. 8.6).

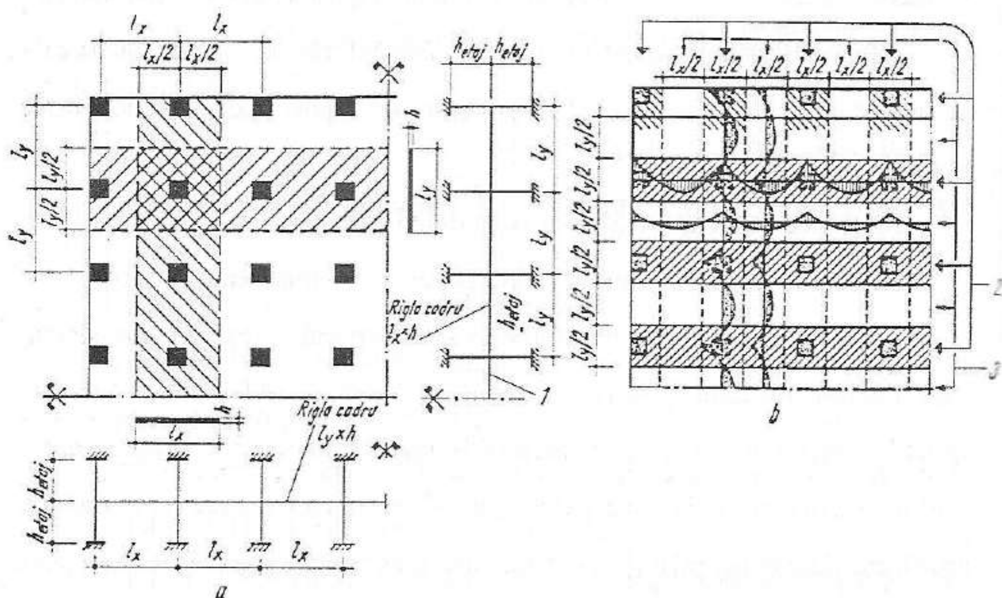


Fig. 8.6. Schemă simplificată pentru calculul planșeelor-dală prin metoda cadrelor înlocuitoare:
a – schemele cadrelor înlocuitoare; *b* – distribuția solicitărilor (momente încovoietoare pentru fâșiile de reazem și de câmp; *1* – cadre înlocuitoare, schemă statică; *2* – fâșii de reazem; *3* – fâșii de câmp.

Metoda cadrelor înlocuitoare se aplică atât pentru deschideri egale cât şi pentru deschideri inegale. Metoda nu permite obţinerea unor rezultate apropiate de comportarea reală, neputând considera comportarea spaţială a structurii planşeului. Acest neajuns se poate elimina folosind calculul în domeniul elasto-plastic.

La planşee-dală intervin în principal două probleme importante:

– la descărcarea dalei pe stâlpi apar eforturi importante de forfecare şi eforturi principale locale de întindere, fiind necesară armarea suplimentară a dalei în această zonă, precum şi adoptarea unei grosimi care să poată prelua solicitarea de forfecare a dalei. Evitarea măririi grosimii dalei numai din aceste condiţii se poate obţine prin dispunerea de plăci metalice de grosime mare, fixate rigid de capul stâlpilor sau prin juguri metalice din profile laminate, în zona de reazem a dalei pe stâlpi, îndeplinind rolul de capitel înglobat în dală (fig. 8.7);

– grosimea mare a dalei, care conduce la consum sporit de beton şi la greutate mare, este justificată pentru preluarea solicitărilor în fâşiile de reazem, în schimb, pentru fâşiile de câmp devine neeconomică. În figura 8.8 se prezintă câteva soluţii constructive pentru reducerea greutăţii planşeului.

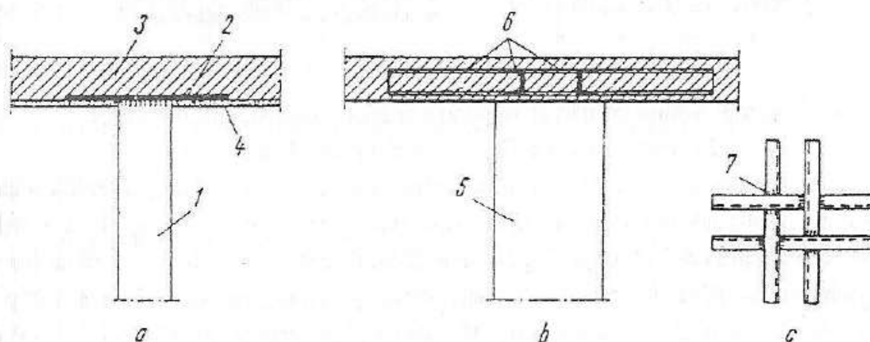


Fig. 8.7. Soluţii constructive pentru capiteluri înglobate în dala groasă:
a – pentru stâlpi metalici; *b* – pentru stâlpi de beton armat; *c* – vederea jugului;
1 – stâlp metalic din ţeavă; *2* – placă metalică sudată de stâlp; *3* – dală din beton armat;
4 – tencuială; *5* – stâlp din beton armat; *6* – jug metalic cu rol de capitel, înglobat în dala groasă; *7* – sudură pentru îmbinarea elementelor jugului.

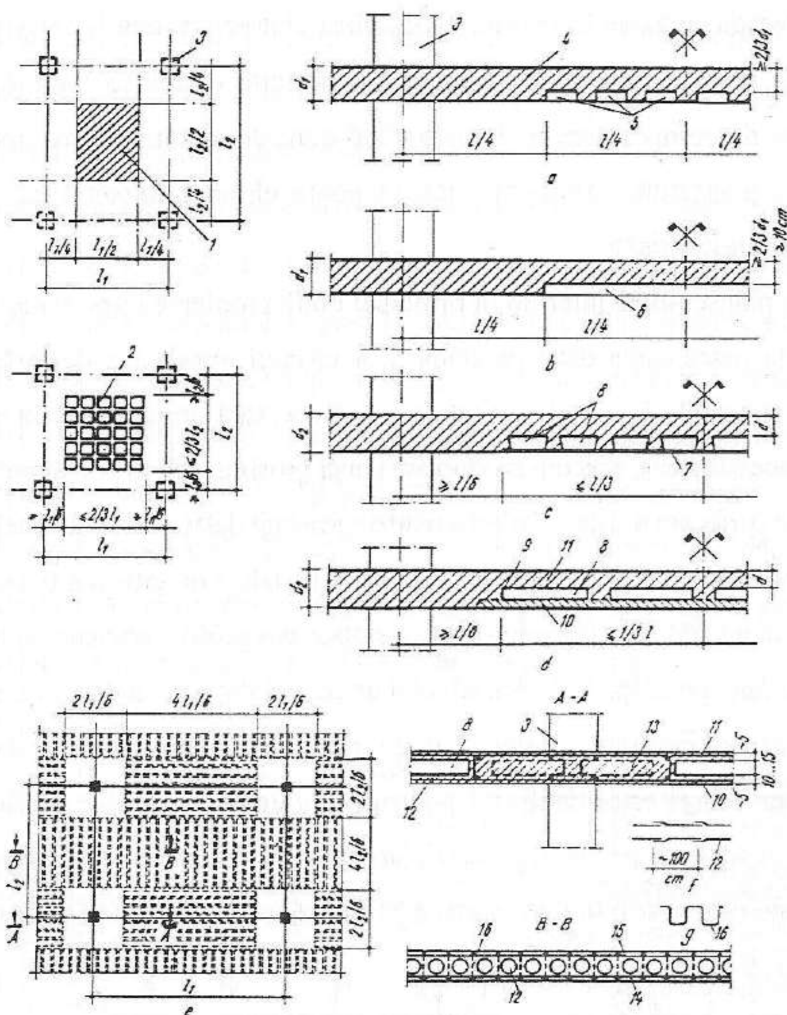


Fig. 8.8. Soluții constructive pentru reducerea consumului de beton în zona comună a fâșiilor de câmp din dala groasă:

a – cu tavan casetat; *b* – cu tavan având casetă continuă; *c* – cu tavan plan realizat cu corpuri de umplutură înglobate în dală; *d* – cu tavan plan având casete înglobate în dală; *e* – cu tavan plan având tuburi înglobate în dală; *f* – detaliu de îmbinare a tuburilor înglobate; *g* – detaliul armăturii de conlucrare; *1* – zona comună a fâșiilor de câmp pentru soluțiile a și b; *2* – zona comună a fâșiilor de câmp pentru soluțiile *c* și *d*; *3* – stâlp; *4* – dală groasă; *5* – casete; *6* – casetă continuă; *7* – corpuri de umplutură cu pereți subțiri, confecționate din ceramică; *8* – goluri de aer; *9* – casete din carton impregnate, PAL, mase plastice etc., înglobate în dala groasă; *10* – zona din placă turnată în etapa I; *11* – zona din placă turnată în etapa a II-a; *12* – tub din carton impregnat sau din mase plastice înglobat în dală; *13* – dala plină cu capitel înglobat, realizat din profiluri metalice; *14* – armare inferioară; *15* – armare superioară; *16* – armătură de conlucrare.

8.4.1.2. *Planșee prefabricate din beton armat*

Soluția oferă, în general avantajele proprii prefabricării: calitatea, eliminarea cofrajelor, prefinisarea, reducerea duratei de execuție.

Problema importantă a acestor planșee este legată de execuție, care devine mai pretențioasă ca precizie și calitate, și de o comportare mecanică manifestată printr-o micșorare a rigidității la încărcări orizontale.

Prefabricatele pentru planșee sunt prevăzute la capete cu armături pentru monolitizare.

Planșeele realizate cu elemente prafabricate mari sunt prevăzute cu dinți și alveole marginale, astfel încât eforturile de lunecare dintre două panouri alăturate să fie preluate prin efectul de împănare al betonului de monolitizare. Principalele soluții de planșee prefabricate sunt prezentate în figura 8.9,*a*, *b*, *c*, *d*.

Golurile necesare în planșee sunt limitate de poziția grinzilor și de dimensiunea corpurilor de umplutură, neadmițându-se spargeri în grinzi sau corpuri.

La proiectarea și realizarea planșeelor din grinzi și corpuri de umplutură se recomandă următoarele:

– rezemarea minimă a grinzilor pe pereți este de 8 cm;

– montarea grinzilor se face pe un strat de mortar de poză M 100T proaspăt întins;

– manipularea prefabricatelor se face numai în poziția lor de exploatare;

– centurile și monolitizările între prefabricate trebuie executate cu deosebită atenție.

Când este necesară mărirea gradului de monolitism, se recomandă supra-betonarea întregului planșeu cu o placă de beton armat de 3-4 cm grosime, având armătura bine ancorată în centurile planșeului.

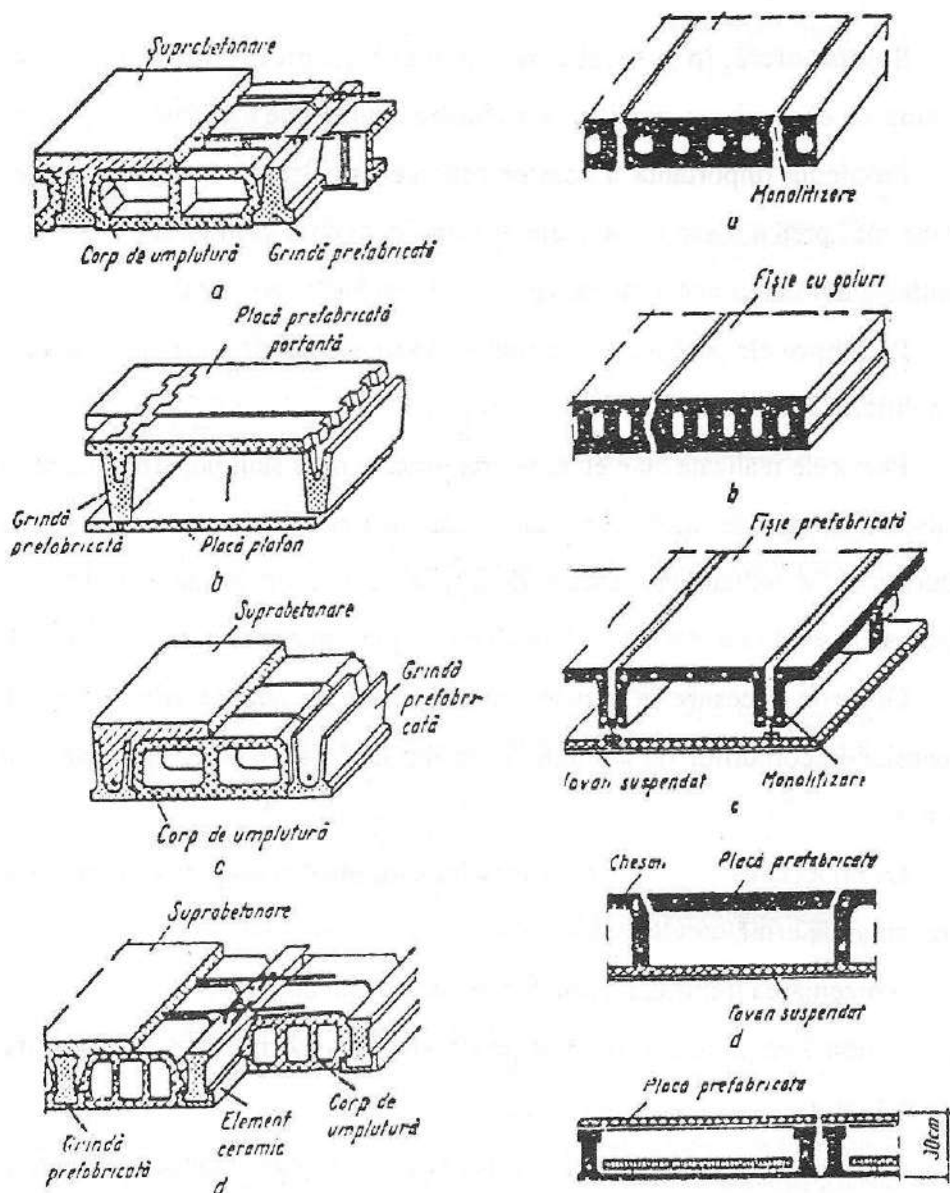


Fig. 8.9. Soluții de planșee prefabricate:
a – planșee din grinzi dispuse alăturat; *b* – planșee cu grinzi prefabricate ușoare; *c* – planșee din fâșii; *d* – planșee cu elemente prefabricate obișnuite.

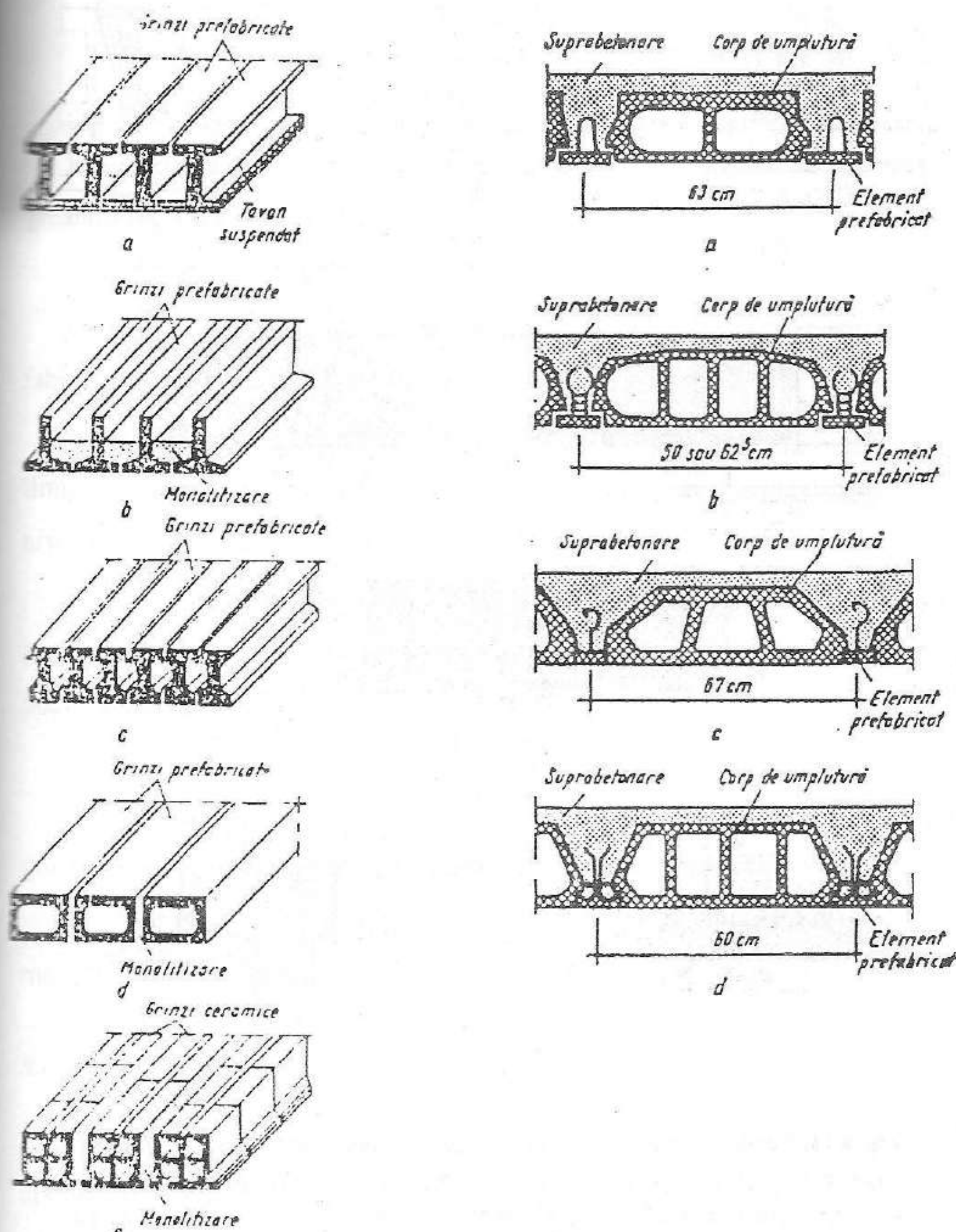


Fig. 8.10. Secţiuni prin planşee realizate cu corpuri de umplutură.

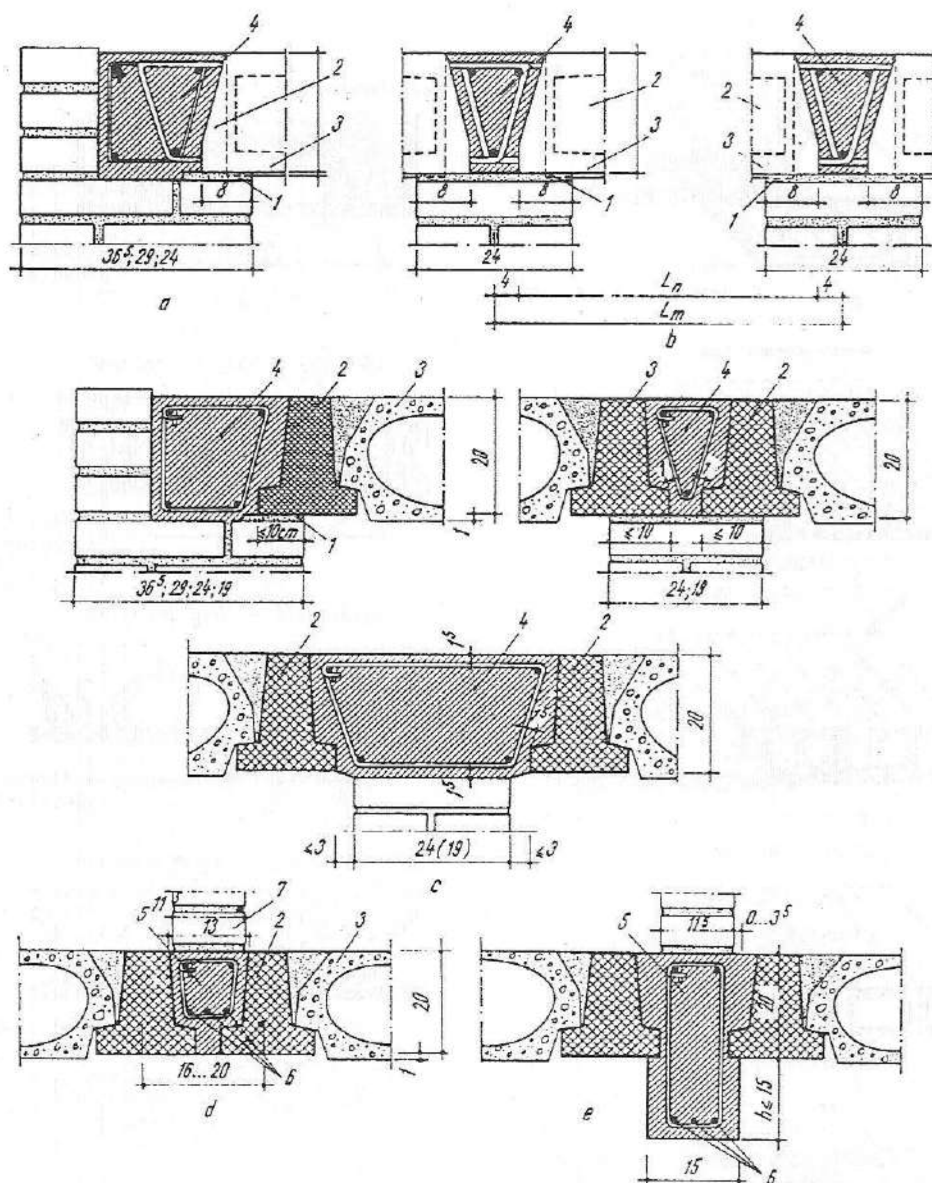


Fig. 8.11. Detalii constructive pentru planșee din grinzi și corpuri de umplutură: *a* – rezemarea grinzilor pe ziduri exterioare; *b* – rezemarea grinzilor pe ziduri interioare; *c* – așezarea grinzilor paralel cu pereții exteriori și interiori; *d* – așezarea alăturată a grinzilor sub pereții despărțitori; *e* – preluarea încărcărilor din pereții despărțitori, cu grindă din beton armat monolit; *1* – mortar de poză M 100 de 1,5-2 cm grosime; *2* – grindă prefabricată; *3* – corp de umplutură; *4* – centură din beton armat; *5* – grindă din beton armat monolit; *6* – armătură rezultată din calcul; *7* – perete despărțitor; L_m – lungimea modulată a grinzii; L_n – lungimea nominală a grinzii.

Avantajele planşeelor din grinzi şi corpuri de umplutură sunt următoarele:

- prefabricatele sunt simple şi uşoare, deci se pot realiza şi pe şantier;
- aceste planşee izolează bine termic şi fonic;
- lucrările pe şantier sunt simple şi necesită o dotare minimă, datorită greutăţii reduse a prefabricatelor.

Dezavantajele acestor tipuri de planşee sunt următoarele:

- în general, sunt mai costisitoare faţă de alte tipuri de planşee prefabricate, de exemplu, faţă de fâşiile cu goluri;
- comportarea ca diafragme orizontale este slabă, motiv pentru care se limitează domeniul lor de utilizare la clădiri de locuit cu maximum două niveluri, amplasate în zone neseismice;
- sunt sensibile, în sensul că pe parcursul exploatării fisurează în lungul grinzilor, din cauza săgeţii din încovoiere a acestora şi a nedeformabilităţii poziţionale a corpurilor de umplutură;
- au grad scăzut de prefinisare a prefabricatelor;
- preluarea încărcărilor verticale concentrate pe planşeu şi prevederea golurilor necesită lucrări suplimentare pe şantier;
- sunt limitate ca deschideri, din considerente tehnice (comportare mecanică) şi economice (consumuri de manoperă, materiale şi costuri).

8.4.1.3. Planşee din panouri mari prefabricate

Soluţia planşeelor din panouri mari prefabricate este aplicabilă la clădiri civile realizate din prefabricate. Acestea sunt alcătuite din plăci plane de 10-14 cm grosime, din beton armat minimum marca C12/15, sau sub formă de plăci chesonate, casetate sau cu goluri.

Eficienţa tehnico-economică a panourilor mari de planşeu se obţine numai pentru un raport al laturilor mai mic de 1, panoul lucrând după

ambele direcții. Îmbinările și condițiile tehnice de execuție trebuie să asigure cât mai bine rezemarea, conlucrarea, continuitatea statică și rigiditatea planșeelor.

Pentru a asigura comportarea planșeului ca diafragmă orizontală rigidă în planul lui, este necesar ca și pe conturul panourilor de planșeu să fie prevăzute praguri și mustăți, iar între panouri să se realizeze îmbinări orizontale prin monolitizare cu beton armat.

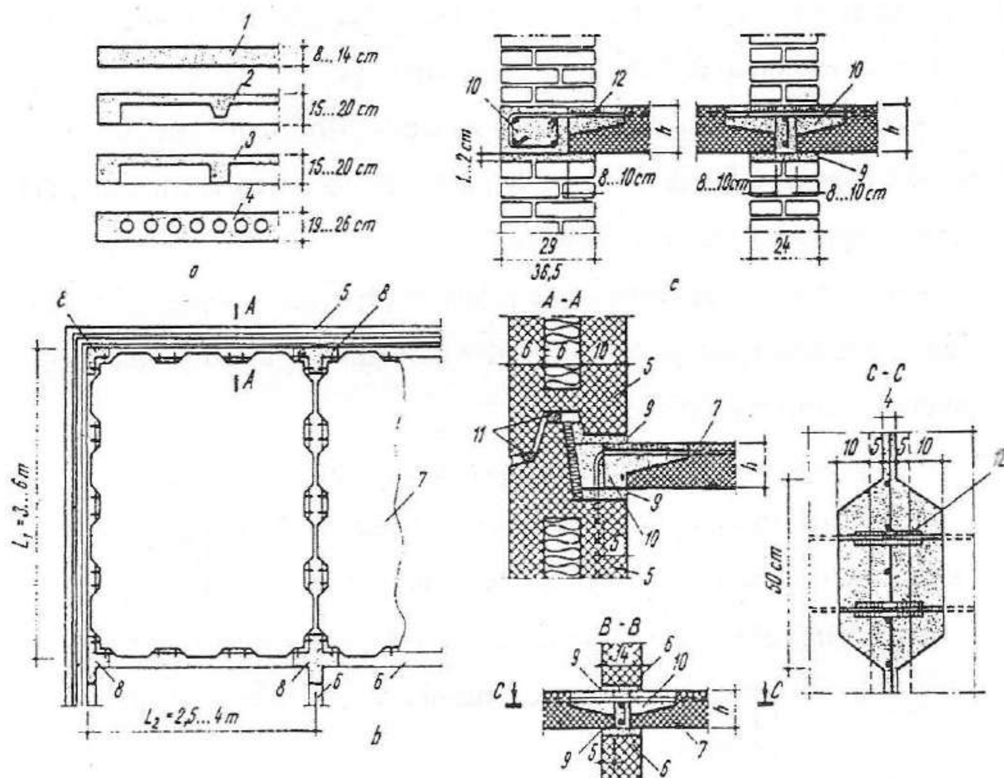


Fig. 8.12. Planșee din panouri mari:

a – tipuri de panouri mari; *b* – plan și detalii de rezemare a panourilor prefabricate de planșeu pe pereți din panouri mari; *c* – rezemarea panourilor prefabricate de planșeu pe pereți din zidărie; *1*; *2*; *3*; *4* – panouri mari de planșeu din placă plină, din placă cu nervuri sistem cheson sau casetat, respectiv din dală groasă cu goluri rotunde sau ovale, realizate din beton armat sau beton precomprimat; *5* – perete exterior din panouri mari; *6* – perete portant interior din panou mare; *7* – panou mare de planșeu; *8* – îmbinare verticală de monolitizare a panourilor portante de pereți; *9* – mortar de poză, M 100; *10* – beton de monolitizare, C 32/40; *11* – etanșarea rostului orizontal; *12* – sudură.

Avantajele utilizării panourilor mari prefabricate de planşeu sunt următoarele:

– se elimină cofrajele şi susţinerile;

– lucrările pe şantier sunt minime, datorită gradului ridicat de prefinisare a tavanelor şi prin montarea instalaţiilor în panouri, la prefabricare;

– productivitatea lucrărilor de şantier este foarte bună şi darea în exploatare a construcţiei se poate face rapid;

– planşeele din panouri mari asigură o bună comportare în preluarea şi transmiterea încărcărilor verticale de pe planşeu, fiind plăci armate pe două direcţii şi, în general, încastrate pe contur, respectiv elemente continue pe reazemele intermediare;

– îmbinările de rezistenţă pe contur ale panourilor mari asigură comportarea planşeului ca diafragmă orizontală rigidă.

Dezavantajele acestor tipuri de planşee sunt următoarele:

– utilizarea panourilor mari de planşeu reclamă tipizarea partiurilor clădirilor, care este posibilă la clădirile de locuit, dar mai dificilă la alte categorii de clădiri;

– eficienţa economică a planşeelor este condiţionată de costul panourilor, precum şi de distanţele până la şantier;

– necesită utilaje şi dispozitive mai costisitoare pentru transport şi montaj;

– comportarea mecanică a planşeelor ca diafragme orizontale rigide este condiţionată de calitatea şi precizia execuţiei lucrărilor de pozare şi a îmbinărilor pe contur ale panourilor de planşeu, respectiv de gradul de monolitism, rezistenţă şi rigiditate a conlucrării cu panourile verticale de rezistenţă ale clădirii.

Dezavantajele enumerate reprezintă, în general, o pondere mică în comparaţie cu avantajele, motiv pentru care planşeele din panouri mari constituie încă o soluţie eficientă tehnico-economic.

În practică se mai utilizează și alte soluții de planșee prefabricate (integral sau parțial) la construcțiile de clădiri.

Planșeele-dală prefabricate din beton armat se pot realiza din panouri prefabricate dispuse conform figurii 8.13,*b*. Stâlpul și panoul de tip 1 se pot realiza împreună. Panourile de tip 1 constituie reazeme pentru panourile de tip 2 dispuse după cele două axe ale stâlpilor planșeului.

În final, se montează panourile din zona comună a fâșiilor de câmp, care pot fi dală plină, de aceeași grosime ca și celelalte panouri sau în soluție casetată.

Rezemarea se asigură cu praguri, iar îmbinarea între panouri se realizează prin sudarea armăturilor și betonarea rosturilor.

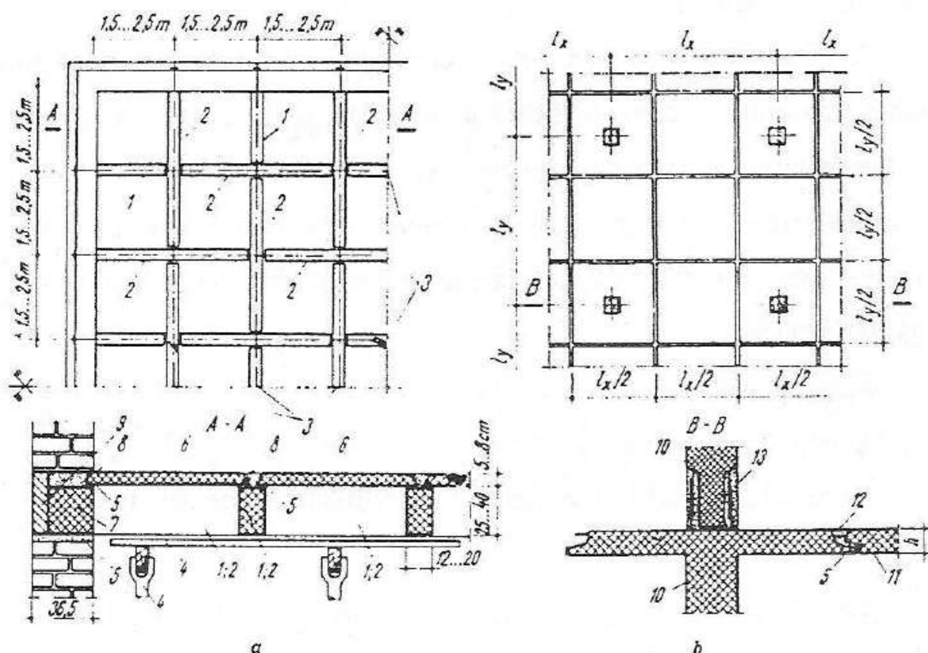


Fig. 8.13. Planșee din prefabricate de beton armat:
a – din plăci și grinzi de beton cu armătură postîntinsă; *b* – din dale; *1* – grindă prefabricată, tip 1; *2* – grindă prefabricată, tip 2; *3* – direcții de postîntindere; *4* – susținere provizorie cu elemente de inventar; *5* – mortar de poză, M 100; *6* – placă prefabricată; *7* – centură prefabricată; *8* – monolitizare executată în etapa I; *9* – monolitizare executată în etapa a II-a; *10* – stâlp și panou-dală; *11* – panou de planșeu; *12* – solidarizarea panourilor de planșeu prin sudarea armăturilor și monolitizarea rosturilor; *13* – monolitizarea stâlpilor.

8.4.1.4. Planşee prefabricate din beton armat la clădiri cu multe niveluri executate cu tehnologii speciale

La aceste clădiri, structura verticală de rezistenţă este realizată din reţea de stâlpi sau din reţea de stâlpi şi nuclee (casa scării şi lifturile) din beton armat.

Stâlpii se pot realiza prefabricaţi sau turnaţi monolit în cofraje glisante. Nucleele, de regulă, sunt turnate monolit în cofraje glisante. Planşeele, în general, sunt de tipul dală din beton armat.

Clădirea se realizează în felul următor:

- se execută structura verticală de rezistenţă pe o înălţime de 4 sau 5 niveluri, iar la sol (sau pe planşeul peste subsol) se execută planşeele-dală în pachet de 4 sau 5 bucăţi;

- cu ajutorul unor dispozitive mecanice montate pe capetele stâlpilor şi ale nucleelor se liftează planşeele, unul câte unul;

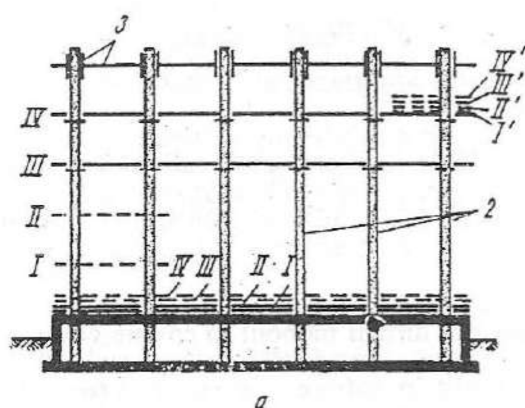
- după liftare la poziţie, se fixează pe stâlpi şi nuclee piesele metalice de rezemare ale planşeelor;

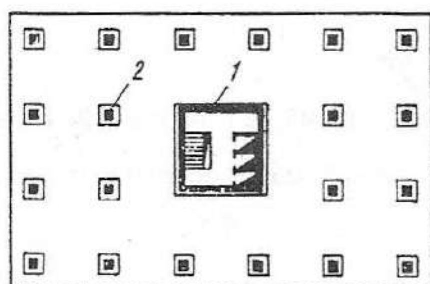
- se execută sudurile între piesele metalice înglobate în dală şi piesele metalice de pe reazeme;

- se montează armăturile şi se betonează rosturile între dală şi stâlpi şi între dală şi nuclee;

- se continuă execuţia structurii verticale, iar pe ultimul planşeu-dală montat se execută un nou pachet de planşee, care apoi se liftează ş.a.m.d., până la terminarea clădirii (fig. 8.14).

Aceste clădiri se pot realiza prin execuţia întregului pachet de planşee-dală la sol şi liftarea lui concomitent cu glisarea structurii verticale. În acest caz, toate planşeele se liftează şi se pozează începând de jos în sus, câte un planşeu la fiecare nivel al clădirii.





b

I; II; III; IV - ordinea de turnare
IV; III; II; I - ordinea de liftare

Fig. 8.14. Planşee liftate realizate din elemente prefabricate: *a* – secţiune verticală; *b* – plan; *1* – nucleul central pentru casa scării şi ascensoare; *2* – stâlpi glisaţi; *3* – cofraj glisant şi platforma de lucru.

Clădirile înalte amplasate în zone cu circulaţie stradală intensă, dacă se cer a fi executate cu parterul cât mai liber, se pot realiza în felul următor:

– structura verticală de rezistenţă alcătuită din nuclee de beton armat se execută prin glisare până la cota finală a clădirii şi se montează lifturile;

– se execută planşeul-terasă de rezistenţă foarte mare şi monolitizat rigid de nuclee;

– se execută planşeele-dală la sol, în pachet;

– se liftează câte un planşeu şi se fixează de nuclee şi de barele sau cablurile verticale de susţinere ancorate în planşeul-terasă;

– în final, toate planşeele vor fi suspendate pe contur şi fixate rigid de nucleele verticale (fig. 8.15).

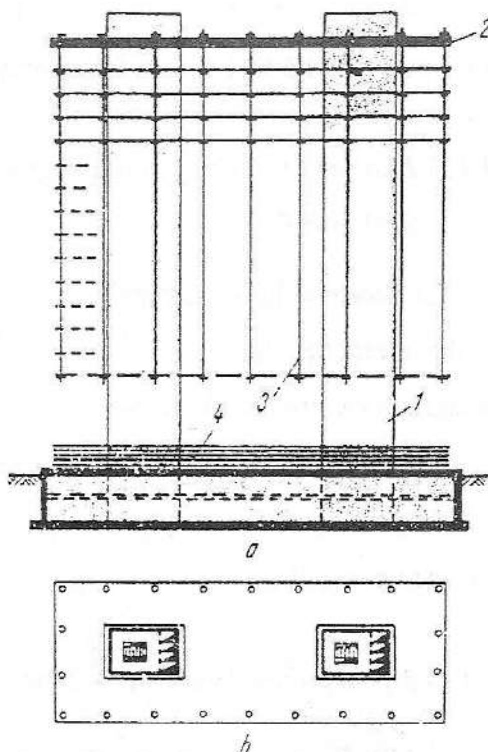


Fig. 8.15. Planșee suspendate la structuri: *a* – secțiune verticală; *b* – plan; *1* – turn glisat; *2* – planșeu-terasă de rezistență înaltă și monolitizat foarte rigid cu turnurile glisate; *3* – sisteme de suspendare a planșeelor (bare-tiranți); *4* – planșee.

Sistemul constructiv se poate realiza și prin rezemarea planșeelor numai pe nucleele centrale. În acest caz, comportarea pe contur a planșeului ca o consolă impune adoptarea soluției constructive din plăci și grinzi din beton armat (eventual precomprimat) sau a unei structuri spațiale metalice.

Aceste structuri de clădiri și tehnologii de execuție permit prefabricarea integrală la sol a unui etaj, care se ridică și se fixează, la cotă, apoi se realizează la sol următorul etaj, după care se ridică și fixează sub cel anterior ș.a.m.d.

La proiectare și execuție, o atenție deosebită trebuie acordată dispozitivelor și soluțiilor de prindere pentru ridicare, precum și soluțiilor de rezemare și fixare la cotă (dispozitive, îmbinări, monolitizări). Verificarea planșeelor la străpungere în zonele de rezemare este obligatorie, fiind de obicei necesare piese metalice înglobate în dală pentru mărirea secțiunii de forfecare.

Calculul planşeelor se face şi în ipoteza de montaj, întrucât schema statică este diferită față de cea din condițiile de exploatare a planşeului.

8.4.1.5. Planşee la clădiri din diafragme de beton armat executate prin glisare

La aceste clădiri, planşeele sunt de tip placă şi se pot realiza monolit sau din elemente prefabricate care se montează după terminarea glisării diafragmelor verticale ale clădirii.

În ambele variante, plăcile de planşeu sunt monolitizate rigid cu structura de diafragme verticale, asigurându-se, prin continuitatea plăcii pe reazeme, caracterul monolit al structurii clădirii (fig. 8.16).

8.4.1.6. Planşee-dală prefabricate parțial

Pentru eliminarea cofrajelor şi pentru obținerea unui grad ridicat de monolitism al structurii, planşeele-dală se pot realiza pe şantier în felul următor:

- la sol se execută armarea dalei şi se betonează numai o grosime de 5-8 cm;

- după întărirea betonului turnat, această placă, numită convențional *predală*, se ridică şi se susține provizoriu la poziția din proiect;

- pe planşeul-dală astfel realizat, după un anumit interval minim de timp pentru întărirea betonului, se realizează predala pentru planşeul următor ş.a.m.d.

În cazul planşeelor din plăci cu grosimea de 10-14 cm, se poate aplica acest procedeu tehnologic prin realizarea plăcilor betonate pe o grosime de 4-5 cm, în fabrici de prefabricate sau pe o platformă la sol, după care se montează în clădire, se completează armarea şi se termină betonarea plăcii (fig. 8.17).

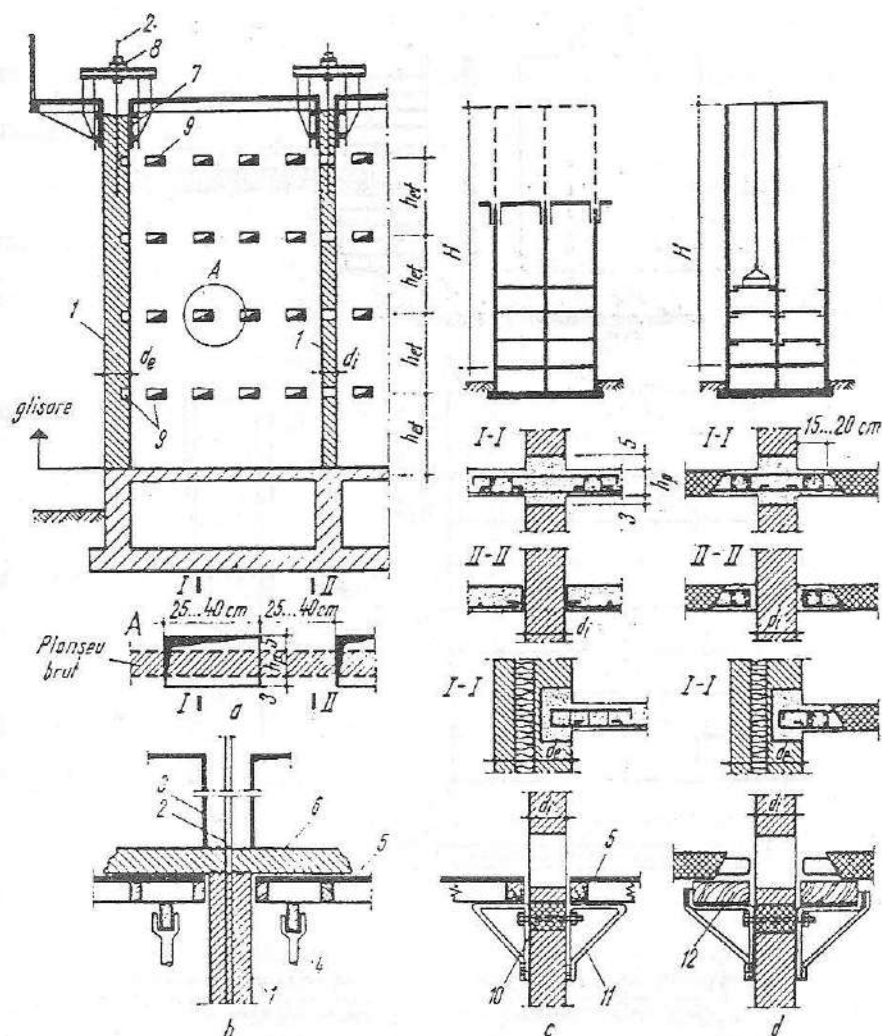


Fig. 8.16. Planşee pentru structuri cu diafragme turnate în cofraje glisante: *a* – elevaţia structurii de rezistenţă în timpul glisării, cu dispunerea golurilor care se lasă pentru asigurarea continuităţii planşeelor când acestea se execută după glisarea întregii structuri de rezistenţă; *b* – detaliu de realizare a planşeului din beton armat monolit, continuu pe pereţi; *c* – schemă, secţiuni şi detaliu de execuţie a planşeului din beton armat monolit, realizat după glisarea pereţilor; *d* – schemă, secţiuni şi detaliu de planşeu prefabricat, montat după terminarea glisării pereţilor; *1* – pereţi glisaţi; 2 – tije de susţinere; *3* – cofraj glisant, ridicat pentru turnarea planşeului; *4* – eşafodaj de susţinere; *5* – cofraj de inventar; *6* – planşeu monolit; *7* – cofraj glisant şi platforme de lucru; *8* – instalaţie de glisare; *9* – goluri pentru rezemarea şi monolitizarea planşeului; *10* – prismă prefabricată din beton, cu goluri pentru buloane, înglobată în perete; *11* – consolă metalică de inventar; *12* – dulap din lemn.

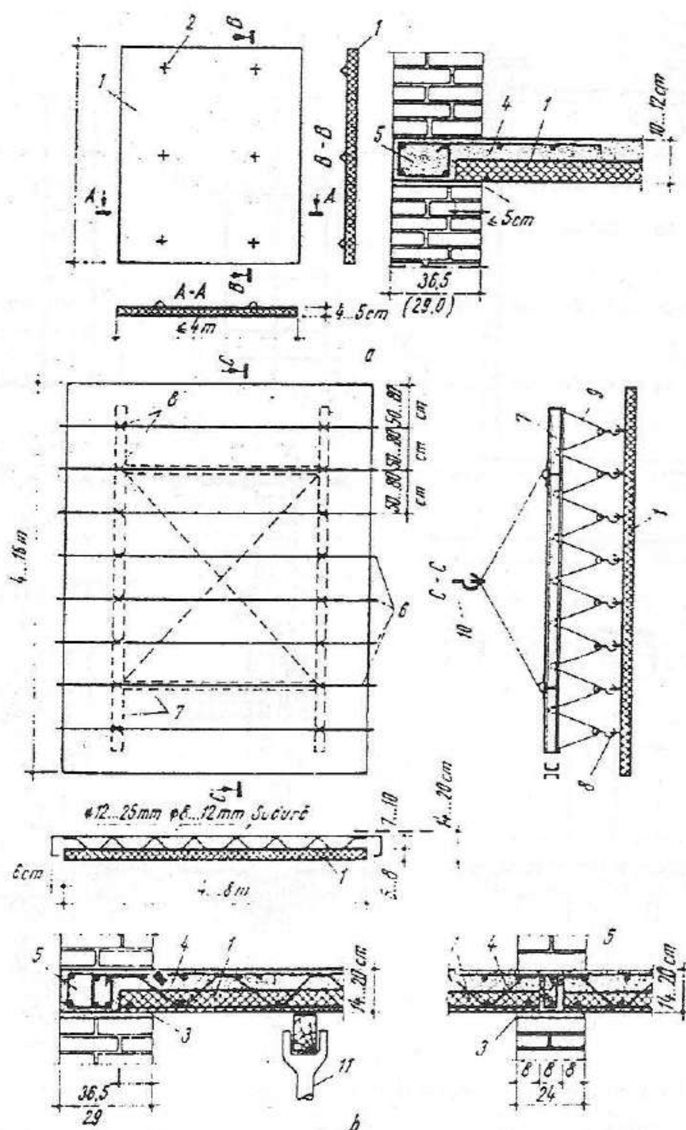


Fig. 8.17. Planşee cu predale prefabricate din beton armat:
a – plan şi secţiuni pentru predale de maximum 4 × 6 m; *b* – plan şi secţiuni pentru predale de maximum 8 × 16 m; *1* – predală din beton armat, de marcă minimum C 12/15 sau din beton precomprimat de marcă minimum C 25/30; *2* – agrafe de ridicare, ancorate sub armătura de rezistenţă a predalei; *3* – mortar de poza M 100, de 2 cm grosime; *4* – beton armat monolit de marca predalei, turnat pe toată suprafaţa planşeului; *5* – centură din beton armat monolit; *6* – armătură pentru rigidizarea predalei la ridicare şi montaj; *7* – element de inventar, cadru metalic rigid, necesar pentru ridicarea predalei; *8* – puncte de agăţare la manipulare-ridicare; *9* – cabluri cu sisteme de scripeţi pentru egalizarea tensiunilor la ridicare; *10* – cârlig de macara; *11* – susţinere provizorie.

Acest sistem constructiv de planşeu prezintă certe avantaje, însă la *proiectare şi execuţie necesită o atenţie deosebită asupra următoarelor aspecte* caracteristice:

– armătura dalei să fie astfel dispusă, încât prin rigiditatea spaţială a armăturii nebetonate să se asigure rigiditatea necesară predalei pentru ridicare. Se recomandă carcase sudate şi montarea unor agrafe suplimentare de rigidizare;

– alegerea unor dispozitive de prindere şi ridicare adecvate, astfel ca predala să nu fisureze peste limita admisă;

– efectuarea corespunzătoare a sprijinirii provizorii a predalei.

8.4.2. Planşee metalice

Se utilizează cu precădere la construcţii industriale. În prezent, se folosesc mai rar. Totuşi, datorită rezistenţelor sporite ale metalului, au o comportare foarte bună, cu excepţia modului de comportare la foc.

Planşeele metalice se realizează din grinzi metalice şi elemente de umplutură.

Se disting:

– planşee cu bolţişoare;

– planşee cu plăci;

– planşee cu corpuri de umplutură;

– planşee cu rigle din lemn;

– planşee cu tablă plană sau cutată.

Planşeele metalice prezintă o serie de avantaje: capacitate portantă ridicată, structuri constructive variate, greutate redusă, execuţie simplă. Ca dezavantaje, poate fi considerat faptul că necesită măsuri pentru asigurarea durabilităţii, confortului fonic şi termic, măsuri pentru rigidizare şi contra-vântuire, comportare deficitară la variaţii din temperatură.

Planşeele metalice pot fi realizate astfel:

– planşee din grinzi metalice şi corpuri de umplutură;

– planşee din grinzi metalice şi plăci din beton armat;

– planşee din profile metalice;

– planşee mixte.

Planşeele din grinzi metalice şi elemente de umplutură sunt realizate din grinzi metalice care descarcă pe pereţii portanţi.

Elementele de umplutură pot fi bolţi din zidărie de cărămidă, blocuri ceramice. Deschiderea bolţilor poate fi cuprinsă între 1 şi 3 mm.

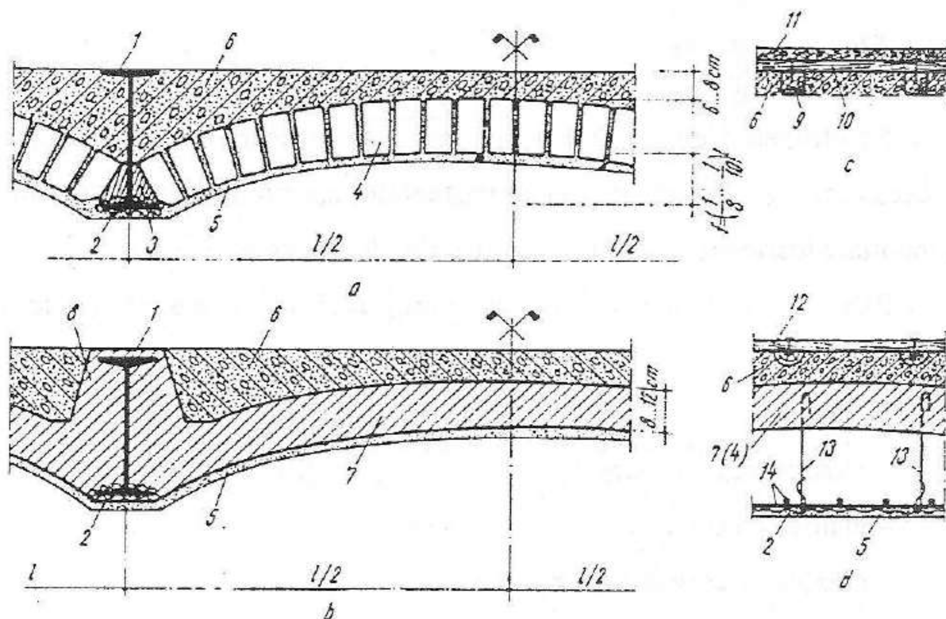


Fig. 8.18. Secţiuni transversale prin planşee cu grinzi metalice: *a* – cu bolţişoare din zidărie de cărămidă; *b* – cu bolţişoare din beton; *c* – detaliu de pardoseală din parchet lambă şi uluc; *d* – detaliu de pardoseală din scânduri şi de tavan suspendat; *1* – grindă metalică de rezistenţă; *2* – plasă de rabiţ; *3* – mortar de poză; *4* – boltă de zidărie cu grosimea de ½ sau o cărămidă; *5* – tencuială; *6* – umplutură termoizolatoare (moloz, zgură etc.); *7* – boltă din beton simplu, greu sau uşor; *8* – beton simplu pentru protecţia grinzii metalice la coroziune şi incendiu; *9* – grinzişoare; *10* – duşumea oarbă; *11* – parchet lambă şi uluc; *12* – pardoseală din scânduri pe cusaci; *13* – agrafe de susţinere; *14* – reţea de oţel-beton ϕ 6 mm la 30 cm.

Calculul bolților se face în ipoteza de arce rezemate pe grinzi metalice, verificându-se stările limită ultime și ale exploatării normale, precum și rezemarea bolților pe tălpile grinzilor. Împingerile bolților care reazemă pe grinzile din câmpul planșeului se eliberează reciproc, în schimb, împingerea bolții marginale trebuie preluată de structură sau de tiranții montați pe prima deschidere a bolții.

Rigidizarea grinzilor metalice între ele pentru evitarea flambajului tălpilor comprimate, rigidizarea de ansamblu a planșeului se soluționează în funcție de particularitățile planșeului.

Planșeul din grinzi metalice și bolți de umplutură se aplică în general la restaurări.

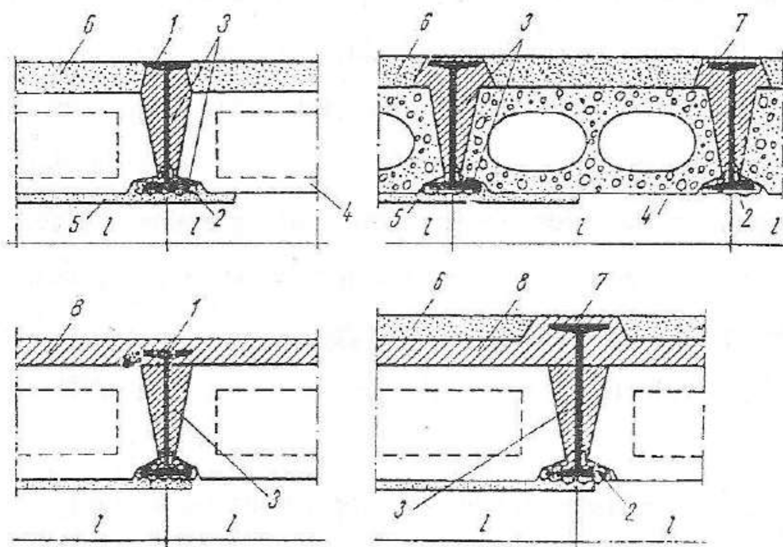


Fig. 8.19. Secțiuni transversale prin planșee din grinzi metalice și corpuri de umplutură prefabricate:

a – grindă metalică; *2* – plasă de rabiț; *3* – mortar de poză și monolitizare; *4* – corp de umplutură cu goluri; *5* – tencuială; *6* – umplutură termoizolatoare, ușoară; *7* – protecția grinzii; *8* – suprabetonare cu armătura superioară a plăcii continuă peste talpa grinzii metalice.

Corpurile de umplutură se montează pe un strat de mortar de poză şi pot fi realizate şi se monolitizează concomitent cu rosturile dintre corpuri. Corpurile de umplutură corectează izolaţia termică şi fonică a planşeului şi se pot executa sub diferite forme, în funcţie de tipizate (blocuri, plăci, fâşii din beton uşor etc.), ţinând seama de încărcarea utilă, distanţa dintre grinzi, conformarea de ansamblu a planşeului. Calculul şi dimensionarea corpurilor de umplutură se efectuează în ipoteza grinzii simplu rezemate pe grinzile metalice. Când încărcările sunt mari, se recomandă suprabetonarea acestora cu beton armat monolit, asigurând continuitatea grinzilor metalice, o repartiţie judicioasă a încărcărilor concentrate şi rigidizarea de ansamblu a planşeului, prin comportarea lui ca diafragmă orizontală rigidă.

Planşeele din grinzi metalice şi plăci monolite din beton armat se utilizează în cazul deschiderilor şi încărcărilor utile mari. Prin utilizarea plăcilor prefabricate din beton armat rigiditatea planşeului scade, în schimb eficienţa economică creşte. Distanţa dintre grinzile metalice este condiţionată de deschiderile economice ale plăcilor prefabricate. În astfel de situaţii, centurile din beton armat îmbunătăţesc rigiditatea planşeului, asigură condiţii mai bune pentru descărcarea grinzilor pe elementele verticale şi conlucrarea planşeului cu structura de rezistenţă de ansamblu.

Planşeele din grinzi metalice cu profiluri din tablă de oţel laminată la rece permit o utilizare raţională a metalului.

O utilizare eficientă a profilurilor din tablă de oţel se obţine şi în cazul planşeelor mixte, compuse, în care secţiunea profilurilor din tablă lucrează şi ca armătură în betonul armat.

Aceste planşee îşi găsesc utilizarea la construcţii civile cu multe niveluri, cu structură în cadre.

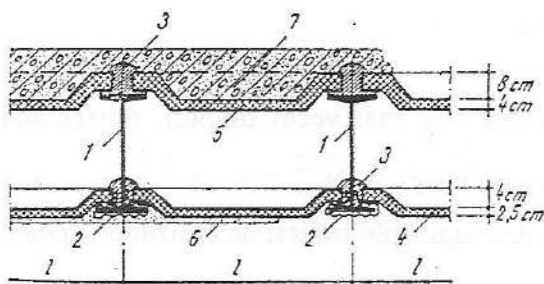


Fig. 8.20. Secţiune transversală dintr-un planşeu din grinzi metalice şi plăci prefabricate din beton armat:
1 – grinzi metalice; *2* – plasă de rabiţ; *3* – mortar de poză şi monolitizare; *4* – element prefabricat autoportant, de tavan; *5* – element prefabricat portant realizat cu placă, nervuri longitudinale marginale şi nervuri transversale cu umăr pentru rezemare; *6* – tencuială; *7* – umplutură termoizolatoare, uşoară.

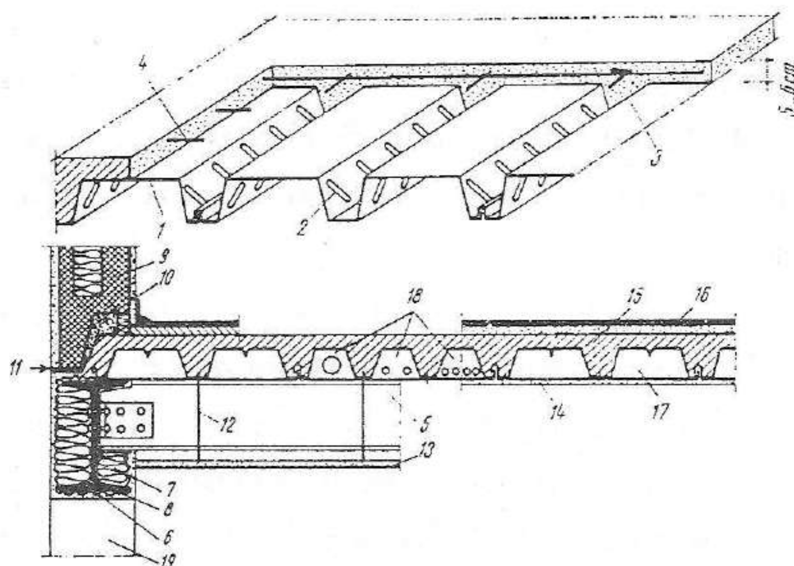


Fig. 8.21. Vedere şi secţiune transversală printr-un planşeu mixt:
1 – profil din tablă subţire ambutisată; *2* – ambutisări pentru sporirea rigidităţii profilului şi aderenţei cu betonul; *3* – beton armat monolit; *4* – armătură suplimentară; *5* – grindă secundară a planşeului, pe care sprijină profilurile fixate prin sudură; *6* – rigla I a cadrului metalic; *7* – termoizolaţie pentru evitarea punţii termice; *8* – tencuială pe plasă rabiţ pentru protecţie la foc şi pentru finisaj; *9* – panou pentru peretele exterior; *10* – monolitizare; *11* – mortar de etanşare; *12* – tiranţi pentru suspendarea tavanului, ϕ 2-4 mm; *13* – tavan suspendat (reţea ϕ 6 mm la 25 mm, plasă de rabiţ şi tencuială sau plăci prefabricate); *14* –finisaj între grinzile secundare, când nu se realizează tavan suspendat; *15* – planşeu brut; *16* – pardoseală; *17* – gol de aer; *18* – profiluri speciale pentru instalaţii; 19 – gol de fereastră.

8.4.3. Planşee din lemn

S-au folosit din cele mai vechi timpuri, prezentând avantajele unei execuţii simple şi cu consum redus de energie.

În prezent, au un domeniu limitat de utilizare, la construcţii cu caracter turistic, situate în zone în care lemnul este material tradiţional, la clădiri de importanţă redusă sau la construcţii provizorii. Aceste planşee sunt combustibile şi au durabilitate nesatisfăcătoare. Planşeele din lemn sunt alcătuite din grinzi şi elemente de umplutură. Grinzile pot avea o distribuţie variată. Ele se confecţionează din lemn de răşinoase.

Planşeele din lemn prezintă o serie de avantaje, dintre care menţionăm: au greutate proprie redusă şi execuţie simplă, conferă posibilităţi largi de plastică architecturală tradiţională a tavanului, asigură condiţii bune de izolare termică şi fonică, se comportă bine în medii agresive chimice etc.

Dezavantajele acestor planşee sunt, în principal: durabilitate redusă, rigiditate la încărcări laterale redusă, deformabilitate mare etc.

Planşeele din lemn au următoarele părţi componente: grinzi, podină de rezistenţă, elemente de umplutură, elemente de finisaj. Pentru asigurarea durabilităţii elementelor din lemn, acestea se protejează cu substanţe ignifuge, antiseptice şi hidrofuge.

Rezemarea grinzilor pe pereţii portanţi necesită considerarea unor măsuri pentru repartizarea încărcărilor pe suprafeţe mărite, prin dispunerea unor tălpi de repartizare sau a unor centuri din beton armat.

Din punct de vedere constructiv, planşeul trebuie să asigure conlucrarea grinzilor acestuia. Atunci când grinzile sunt amplasate după două direcţii, sunt întrunite criteriile de comportare ca o diafragmă a planşeului.

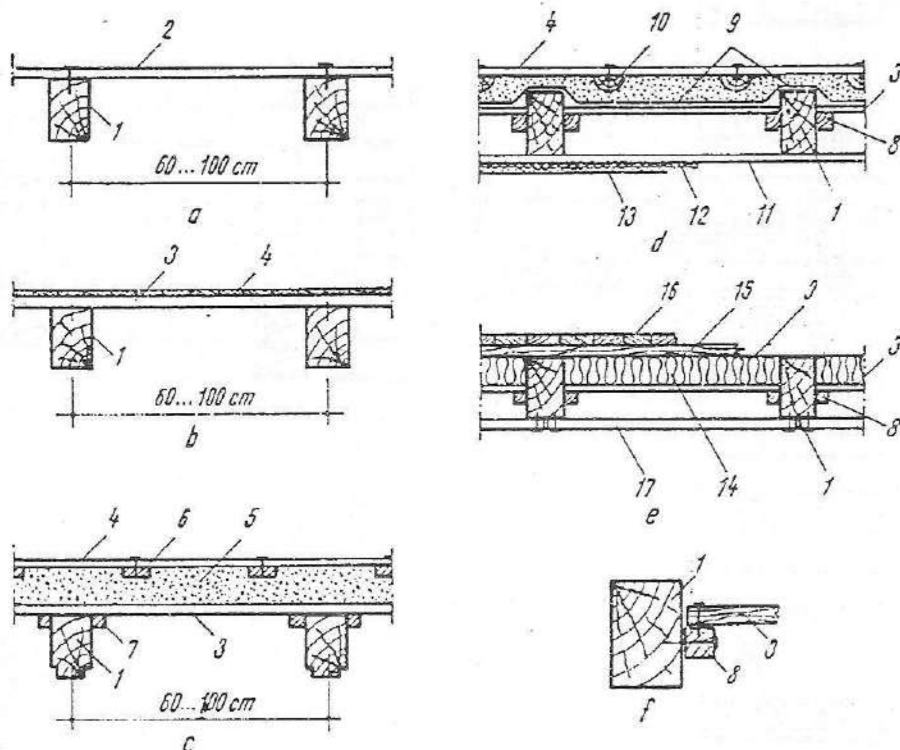


Fig. 8.22. Planşee din lemn:
a – cu grinzi aparente şi pardoseală de rezistenţă şi uzură din dulapi; *b* – cu grinzi aparente, podină de rezistenţă şi pardoseală de uzură pe umplutură; *c* – cu grinzi aparente, podină de rezistenţă şi pardoseală de uzură pe umplutură; *d* – cu grinzi mascate, podină de rezistenţă şi pardoseală; *e* – cu pardoseală şi tavan montate direct pe grinzi; *f* – detaliu de fixare pe grinzi a stratului suport al izolaţiei; *1* – grindă; *2* – podină de rezistenţă şi de uzură din dulapi; *3* – podină de rezistenţă; *4* – pardoseală de uzură din scânduri; *5* – umplutură pentru izolare, din materiale uşoare şi uscate; *6* – grinzişoare; *7* – şipcă pentru ornament; *8* – şipcă sau riglă de susţinere a podinei; *9* – hidroizolaţie; *10* – cusac; *11* – astereală din scânduri aşezate distanţat; *12* – covor din trestie legată cu sârmă; *13* – tencuială; *14* – izolaţie termică şi fonică din BCA, vată minerală etc.; *15* – strat suport al pardoselii; *16* – pardoseală din parchet; *17* – tavan din plăci prefabricate finisate, din ipsos, PFL etc.

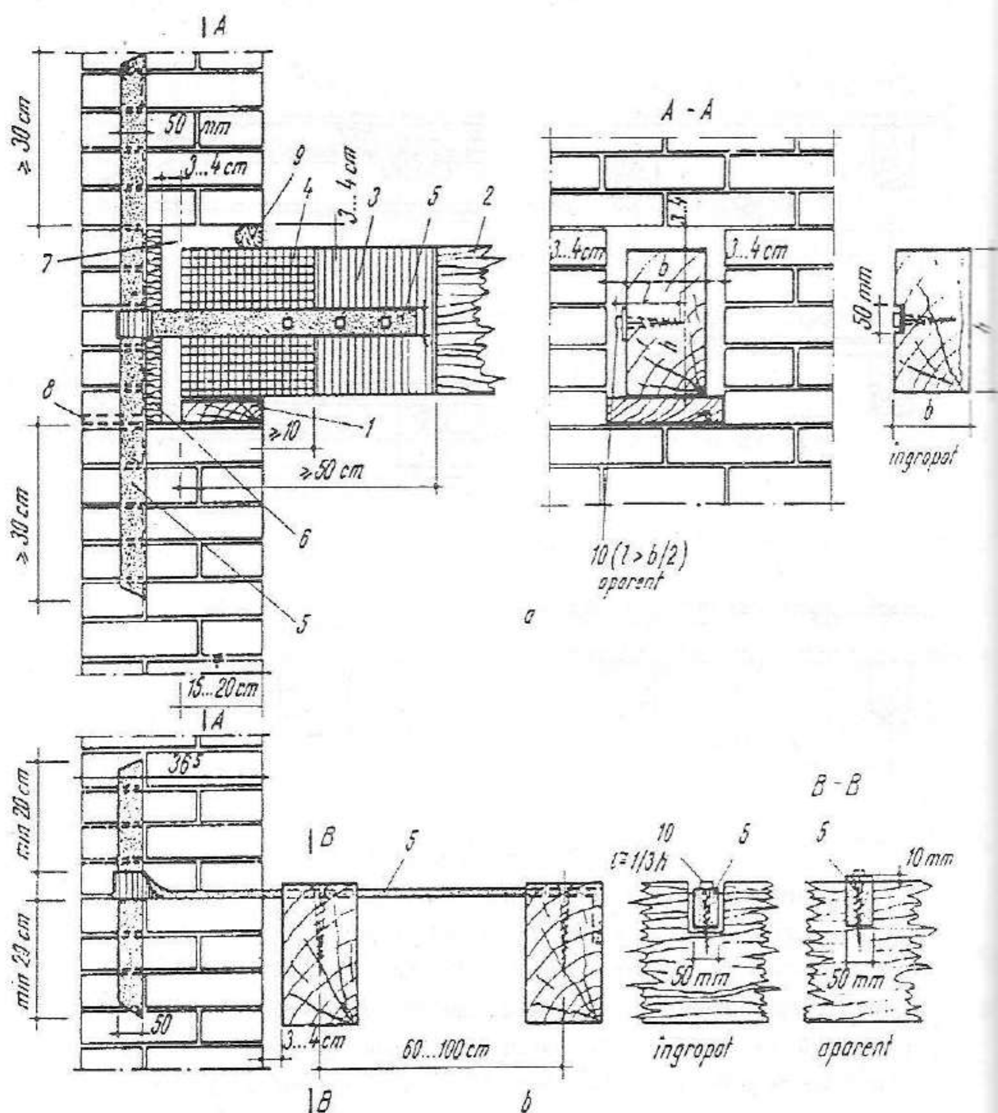


Fig. 8.23. Rezemarea și solidarizarea grinzilor din lemn pe pereții portanți exteriori, inclusiv măsuri de protecție și izolare:
a – rezemarea grinzilor pe pereți; *b* – solidarizarea grinzilor paralele cu pereții;
1 – talpă de rezemare din dulapi de esență tare sau două straturi de carton bitumat, lipite cu bitum; *2* – grindă de rezistență; *3* – zona grinzii tratată cu antiseptice; *4* – zona grinzii izolată hidrofug; *5* – ancoră metalică din oțel lat 10 × 50 mm, montată aparent sau îngropat, numai la grinzile precizate prin proiect; *6* – izolare termică; *7* – gol de aer; *8* – gol pentru comunicare la exterior; *9* – dop din mortar cu aracet; *10* – șurub.

Atunci când grinzile sunt dispuse după o singură direcție având deschideri și încărcări mari, sunt necesare, uneori, elemente suplimentare de rigidizare dispuse constructiv sau pe baza breviarului de calcul (fig. 8.24).

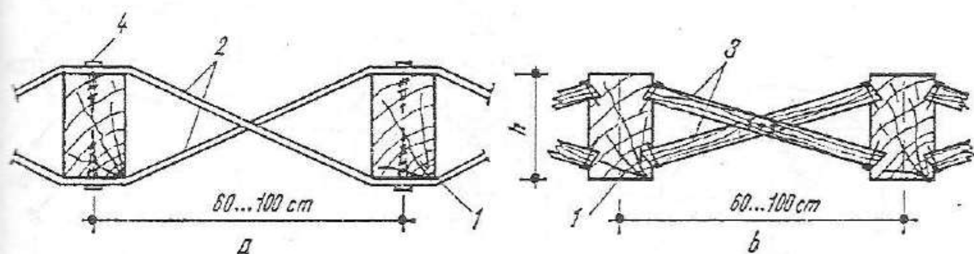


Fig. 8.24. Solidarizarea grinzilor din lemn:

a – cu piese metalice; *b* – cu piese din lemn; *1* – grinzi de rezistență; *2* – diagonale din oțel lat; *3* – diagonale din lemn, fixate în chertări și cuie; *4* – șuruburi de fixare.

La calculul elementelor de rezistență ale planșeului, pe lângă verificarea stării limită ultime a capacității portante, este necesară verificarea săgeții maxime din încovoiere, care trebuie să fie inferioară săgeții admisibile.

8.4.4. Planșee din zidărie de cărămidă

Astfel de planșee sunt utilizate foarte rar (la restaurări, planșee peste subsoluri etc.), deoarece nu prezintă performanțe satisfăcătoare.

Elementul principal de rezistență al planșeului este bolta sau cupola din zidărie, realizată în diferite forme geometrice și alcătuiri constructive. Grosimea, marca zidăriei, tiranții pentru preluarea împingerilor se determină prin calcul de rezistență.

Schemele statice cele mai întâlnite sunt cele prezentate în figura 8.25.

Încărcările verticale se preiau, în principal, prin solicitări de compresiune în zidăria bolții sau a cupolei. Împingerile din boltă se preiau, la deschideri mari, prin contraforți și arc butant sau cu tiranți metalici. Se

menționează o comportare deficitară a planșeelor din zidărie la tasări inegale ale terenului de fundație și la acțiuni orizontale importante.

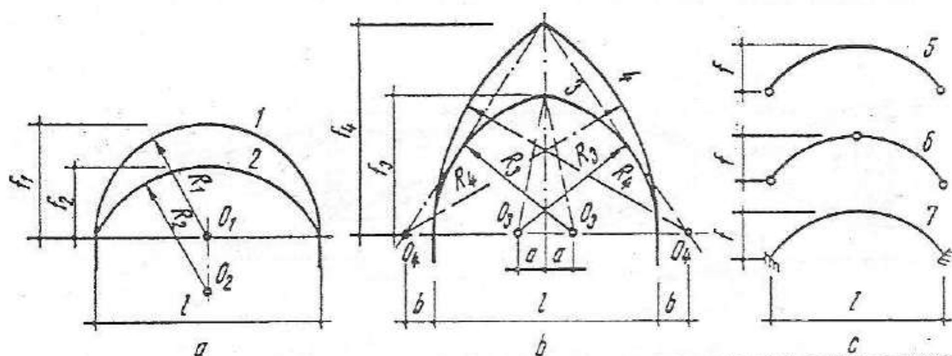


Fig. 8.25. Forme geometrice ale bolților din zidărie pentru planșee: *a* – cilindrice; *b* – ogive; *c* – scheme statice; *1* – în plin cintru; *2*; *3* – pleoștită; *4* – înălțată; *5* – arc cu două articulații; *6* – arc cu trei articulații; *7* – arc dublu încastrat.

8. 5. Calculul planșeelor

Calculul planșeelor se face luând în considerare componentele normale pe planul acestora al încărcărilor verticale.

Valorile normate se stabilesc conform STAS 10101/0A-77.

Eforturile secționale se determină printr-un calcul:

– în domeniul elastic, la stările limită ale exploatării normale;

– în domeniul elastic sau în domeniul postelastic, cu mteoda echilibrului limită, la starea limită de rezistență.

La planșeele realizate din elemente prefabricate, monolitizate între ele, calculul are în vedere:

– calculul sub acțiunea încărcărilor care se aplică înainte de realizarea continuității;

– calculul de luare în considerare a continuității în îmbinări.

Elementele prefabricate se verifică prin calcul şi în fazele intermediare caracteristice de execuţie: decofrare, depozitare, transport, manipulare, montaj etc.

Calculul şi alcătuirea elementelor componente ale planşeelor din beton armat şi beton precomprimat se face conform STAS 10107/0-76.

Calculul în domeniul elastic al eforturilor secţionale produse de încărcări se face:

– la grinzi şi plăci armate după o singură direcţie, pe baza regulilor staticii construcţiilor;

– la plăci armate pe două direcţii, pe baza teoriei plăcilor plane.

Calculul static în domeniul postelastic, cu metoda echilibrului limită, nu se aplică la planşeele solicitate de încărcări cu caracter dinamic.

Principiul metodei constă în transformarea în mecanisme a grinzilor şi formarea articulaţiilor plastice. Transformarea în mecanisme a plăcilor se produce prin formarea de linii de curgere în câmpurile şi pe reazemele intermediare sau marginale.

Planşeele cu nervuri dese se calculează conform STAS 10107/0-76 şi STAS 10107/1-90.

Planşeele casetate pot fi simplu rezemate pe tot conturul sau pot fi continue pe una sau mai multe laturi. Grinzile planşeelor casetate se proiectează astfel încât la starea limită de rezistenţă axa neutră să fie situată în placă, în secţiunile solicitate de momente încovoietoare pozitive.

Calculul în domeniul elastic se face pe baza următoarelor ipoteze simplificative:

– nu se ia în considerare conlucrarea între plăcile şi grinzile planşeelor, calculul acestora efectuându-se separat;

– plăcile planşeelor se consideră continue pe toată suprafaţa acestora;

– grinzile de pe cele două direcții ale planşeelor alcătuiesc rețele plane, care sunt solicitate în noduri de forțe perpendiculare în planul lor;

– se neglijează momentele de torsiune care apar ca rezultat al legăturii monolite între grinzile de pe cele două direcții ale rețelelor.

Calculul în domeniul postelastic al planşeelor casetate se face pe baza următoarelor ipoteze:

– articulațiile plastice ale mecanismului de cedare se formează pe grinzi, numai în dreptul nodurilor rețelei;

– pe fiecare direcție, momentul de calcul limită în secțiunile critice ale grinzilor centrale este proporțional cu momentul elastic produs de încărcările permanente şi temporare de calcul în aceste secțiuni;

– se neglijează momentele de torsiune;

– nu se ia în considerare contribuția armăturilor din plăci la stabilirea capacității portante a rețelei de grinzi.

Solicitările în secțiunile planşeelor casetate se determină punând condiția:

$$L_0 + L_1 = 0$$

unde: L_0 este lucrul mecanic virtual efectuat de încărcările permanente şi temporare de calcul;

L_1 – lucrul mecanic virtual efectuat de momentele de calcul limită care acționează în articulațiile plastice ale grinzilor.

Planşeele se verifică la deformabilitate. Astfel, săgețile trebuie să nu depăşească valorile maxime admisibile.

Valorile prescrise pentru săgețile maxime admise ale planşeelor sunt stabilite din condițiile ce rezultă din comportarea mecanică pe baza ipotezelor metodelor de calcul şi din cerințele de exploatare normală a planşeelor privind gradul de planeitate al pardoselilor, nedegradarea finisajelor tavanului, funcționalitatea normală a instalațiilor înglobate în structura planşeului etc.

Pentru elementele încovoiate ale planșeelor curente, în funcție de deschiderea de calcul l și de materialul din care sunt realizate, valorile săgeților maxime admise conform normelor în vigoare sunt următoarele:

- $l/250$, pentru grinzi din lemn;
- $l/400$, pentru grinzi principale din metal sau din beton armat, și $l/300$ pentru celelalte grinzi;
- $l/200$, pentru planșee din beton armat cu tavanul plan și cu deschiderea l până la 7 m, și $l/300$, pentru deschideri mai mari de 7 m;
- $l/200$, pentru planșee din beton armat cu nervuri, cu deschidere l mai mică decât 5 m; $l/300$, pentru l cuprins între 5 și 7 m, și $l/400$, pentru l mai mare de 7 m.

Pentru toate tipurile de planșee, atunci când suportă tencuiala tavanului sau când sunt tencuite, săgeata maximă admisă este $l/350$.

Stabilitatea locală a planșeelor la încărcări verticale se asigură prin evitarea flambajului elementelor sau zonelor comprimate din alcătuirea planșeului, precum și prin asigurarea condițiilor de rezemare și descărcare corespunzătoare.

Cerințele de stabilitate locală, de rigiditate la încovoiere, de economicitate a structurii planșeului și cerințele de execuție se pot asigura printr-o judicioasă alegere a dimensiunilor secțiunii elementelor de planșeu. Spre exemplu, în cazul planșeelor de beton armat monolit, de plăci, grinzi secundare și grinzi principale se fac următoarele recomandări:

- pentru plăci simplu rezemate și continue pe rezeme, $h_p = l/35$, unde l este deschiderea plăcii, și $h_p = l/40$, în cazul plăcilor încastrate, dar în ambele cazuri $h_{min} = 7$ cm;

- pentru grinzi principale înălțimea $h = l/15$ și pentru grinzi secundare, $h = l/20$, iar lățimea lor, $b = 0,3$-$0,5\ h$.

8.6. Comportarea mecanică a planşeelor

Planşeele suportă acțiunea încărcărilor gravitaționale: greutate proprie, greutate pereți, încărcări din exploatare sub acțiunea cărora plăcile sau grinzile planşeelor sunt supuse la încovoiere cu forță tăietoare. La acest tip de încărcări, vectorul momentului încovoietor este cuprins în planul planşeului, solicitând cel mai defavorabil planşeul, adică pe direcția pe care acesta prezintă rigiditate maximă. Ca urmare a participării lor la stabilirea de ansamblu a structurii, planşeele suportă şi acțiunea încărcărilor orizontale (vânt, seisme) aplicate în planul planşeelor, în raport cu care acestea se comportă ca şaibă sau grinzi perete.

Comportarea planşeelor sub acțiunea încărcărilor cvasipermanente. Aceste acțiuni provin din greutatea pereților despărțitori. Caracteristic pentru aceste acțiuni este aplicarea lor localizată. În acest sens, pereții se vor dispune pe direcția nervurilor.

8.7. Condiții de rezemare pentru plăci şi grinzi

Plăcile monolit din beton armat se pot calcula ca fiind perfect încovoiate pe reazemele intermediare, întrucât rotirile în dreptul acestor reazeme sunt aproape nule. Reazemele pe contur se pot considera ca reazeme simple, încastrări perfecte sau parțiale, potrivit situației reale de rezemare.

În cazul planşeelor la clădirile civile, din considerente economice şi de execuție, condițiile teoretice care definesc simpla rezemare, articulația şi încastrarea nu se realizează integrat.

În principal, elementele de construcție care alcătuiesc planşeul lucrează pe reazeme ca încastrate parțial, deci în condiții intermediare articulației şi încastrării perfecte.

Această comportare este cauzată de următorii factori:

– orice material este deformabil sub acţiunea încărcărilor, deci un element de planşeu nu se poate realiza perfect încastrat, ci va suferi o anumită rotaţie pe reazem, astfel că încastrarea se realizează numai parţial;

– nicio articulaţie nu este perfectă, întrucât este capabilă de a prelua şi un anumit moment încovoietor (excepţie fac articulaţiile realizate cu piese speciale metalice, utilizate în cazuri foarte rare la planşee);

– existenţa forţelor de frecare în dreptul reazemelor, geometria reazemelor şi diversitatea mare a sistemelor de conlucrare între planşee şi rezeme îndepărtează comportarea reazemelor de la condiţiile teoretice.

Pentru simplificarea calculului, din punct de vedere al rezemării, elementele de planşeu se consideră astfel:

– *simplu rezemate,* atunci când rotirile pe reazeme sunt posibile, iar momentele de încastrare pe care reazemul le poate prelua sunt de valori practic neglijabile;

– *încastrate*, atunci când rotirile pe reazem sunt extrem de mici, momentul de încastrare se poate prelua şi transmite integral, iar rigiditatea reazemului este suficient de mare, astfel încât să poată fi considerat practic indeformabil;

– *încastrate parţial*, deci în condiţii intermediare simplei rezemări şi încastrării.

Aprecierea gradului de încastrare parţială necesită o atenţie mare la proiectare şi o judicioasă determinare analitică, întrucât solicitările în planşeu determinate cu ipoteza simplei rezemări sau încastrării vor trebui, în final, corectate în funcţie de gradul de încastrare parţial efectiv.

Pe reazemele intermediare (pereţi portanţi interiori, rigle de cadru), planşeele se consideră continue atunci când este asigurată continuitatea de

structură a planşeului pe reazeme şi, implicit, când reazemele asigură comportarea mecanică a planşeului în condiţii de continuitate.

La planşeele realizate din elemente de rezistenţă de acelaşi tip (bolţi din zidărie, plăci, dale, panouri, fâşii, grinzi dispuse alăturat), fiecare element de planşeu reazemă pe structura verticală de rezistenţă a clădirii.

La planşeele realizate din elemente diferite (bolţişoare şi grinzi; plăci şi grinzi; elemente de umplutură şi grinzi), elementele principale de rezistenţă (grinzile) constituie reazeme (interioare) pentru elementele secundare de planşeu (bolţişoare din zidărie, plăci, elemente de umplutură etc.).

Pentru aprecierea corectă a rezemării planşeelor şi a particularităţilor ce derivă din comportarea mecanică diferită a materialelor de construcţii din alcătuirea reazemului şi a planşeului, este necesară consultarea normativelor, a standardelor în vigoare şi a tratatelor de specialitate, privind construcţiile din zidărie, lemn, beton armat şi metal.

În practica de proiectare, plăcile se consideră simplu rezemate pe reazemele de capăt, iar momentele încovoietoare care apar datorită împiedicării rotirii se preiau cu armăturile cu rol constructiv, care se dispun pe reazemele respective.

În cazul planşeelor prefabricate, ipoteza de simplă rezemare se adoptă pentru întregul contur de rezemare al plăcii, asigurând panourile prefabricate cu armături constructive pentru preluarea momentelor de continuitate care pot să apară.

Un caz particular îl constituie plăcile scoase în consolă, pentru balcoane şi logii, la clădirile de locuit; în acest caz trebuie asigurată încastrarea perfectă a plăcii în lungul liniei de rezemare, condiţie uşor de realizat la plăci monolite. La planşee prefabricate (numai în cazul fâşiilor înguste, aşezate perpendicular pe linia de rezemare a balconului) este posibil să se asigure continuitatea consolei cu restul planşeului, prin aşezarea călăreţilor în rosturile dintre fâşii.

În general, la planşeele prefabricate, placa în consolă a balconului sau logiei se încastrează în grinda de faţadă, în care pot să apară şi eforturi de torsiune dacă grinda nu suportă o încărcare verticală suficient de mare care să producă un moment de stabilitate capabil să echilibreze momentul de încastrare al consolei.

Grinzile care intră în componenţa planşeelor pot avea una sau mai multe deschideri şi pot lucra în diferite condiţii de rezemare la capete.

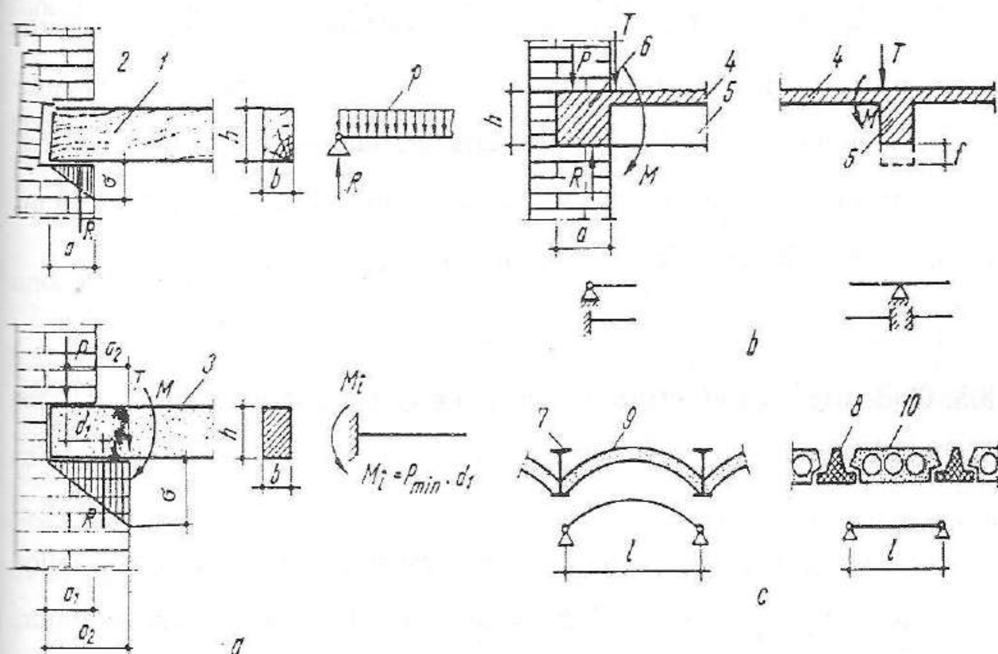


Fig. 8.26. Rezemarea elementelor de planşeu:
a – rezemarea elementelor de tip grindă; *b* – factorii care condiţionează rezemarea elementelor de tip placă; *c* – rezemarea elementelor de umplutură (secundare); *1* – grindă de lemn; *2* – spaţiu liber de ventilare; *3* – element portant de planşeu din beton armat; *4* – placă caracterizată prin rigiditatea sa la încovoiere şi prin conlucrarea structurală între placă şi centură, respectiv între placă şi grindă; *5* – grindă de beton armat caracterizată prin rigiditatea sa la încovoiere şi la torsiune şi prin gradul de conlucrare structurală între grindă şi centură; *6* – centura caracterizată prin rigiditatea sa şi prin conlucrarea mecanică ce se realizează între centură şi perete; *7* – grindă metalică; *8* – grindă prefabricată din beton armat; *9* – bolţişoare din zidărie de cărămidă sau beton; *10* – element de umplutură; *f* – săgeata din încovoiere a grinzii.

Grinzile din lemn lucrează întotdeauna ca grinzi simplu rezemate. Grinzile metalice pot fi simplu rezemate, continue sau în consolă.

Grinzile de beton armat pot fi simplu rezemate, continue sau în consolă. Grinzile continue se consideră în mod curent simplu rezemate la capete. În realitate, la reazemele extreme se realizează aproape întotdeauna o încastrare parțială în zidărie sau beton, care conduce la scăderea momentului pozitiv în câmp.

Momentul astfel determinat nu trebuie să depășească valoarea momentului care ar proveni dintr-o încastrare perfectă a grinzii; pentru corectarea momentului pozitiv din câmp se consideră 1/ 2 sau cel mult 2/3 din valoarea de încastrare determinată, urmărindu-se ca momentul pozitiv obținut să nu fie mai mic decât deschiderea următoare.

8.8. Considerarea efectului de șaibă orizontală la calculul planșeelor

Planșeele îndeplinesc și rolul de a asigura conlucrarea elementelor verticale în preluarea încărcărilor orizontale produse de vânt sau cutremur, caz în care se comportă ca o grindă-perete continuă cu reazeme elastice. Modul de repartizare al încărcărilor orizontale la elementele verticale (pereți sau cadre) considerate ca reazeme elastice este direct influențat de rigiditatea în plan orizontal a planșeului. Dacă planșeul lucrează ca o grindă continuă absolut rigidă – în cazul reazemelor elastice distribuite simetric, încărcarea fiind la rândul său simetrică –, rezultă că deplasările tuturor reazemelor elastice sunt egale și reacțiunea F_{Ki} se determină:

$$F_{Ki} = \mu_{Ki}.\ F_{ki}$$

unde:

$$\mu_{Ki} = \frac{1}{\delta_{ki} \cdot \sum_{i=1}^{n} x \frac{1}{\delta_{ki}}}$$

F_K este rezultanta forţelor orizontale;

δ_{ki} – deplasarea orizontală a reazemului K produsă de forţa $F = 1$.

În acest caz, încărcarea orizontală se distribuie elementelor verticale în funcţie de rigiditatea acestora; dacă rigidităţile reazemelor sunt egale, rezultă că:

$$\delta_1 = \delta_2 = \dots\dots\dots = \delta_n$$

şi deci

$$\mu_{ki} = \frac{1}{n},$$

unde n este numărul reazemelor.

Dacă însă rigiditatea planşeelor este foarte mică în comparaţie cu a reazemelor, reacţiunea pe oricare reazem este egală cu suma reacţiunilor celor două grinzi aferente lucrând ca elemente simplu rezemate, caz în care încărcarea seismică provenită din greutatea planşeelor se distribuie proporţional cu suprafeţele de încărcare.

Încercările experimentale efectuate pun în evidenţă că rigiditate mare au planşeele din beton armat monolit, iar rigiditate mai mică au planşeele din lemn.

Pe baza valorilor f ale săgeţilor s-a calculat modulul de elasticitate convenţional care are următoarele valori:

– planşeu monolit, $E_{conv.} = 272\ 000$ daN/cm^2;

– planşeu prefabricat, $E_{conv.} = 86\ 000$ daN/cm^2;

– planşeu cu pane şi rosturi umplute, $E_{conv.} = 18\ 000$ daN/cm^2;

– planşeu din lemn, $E_{conv.} = 6320$ daN/cm^2.

Rezultă că planşeele lucrează ca diafragme orizontale cu rigidități diferite, în funcție de alcătuirea constructivă, influențând prin acestea rigiditatea de ansamblu a construcției şi modul de repartizare a încărcărilor orizontale la elementele verticale ale structurii.

Solicitările planşeului în plan orizontal, şi anume forțele tăietoare şi momentele încovoietoare, se determină după metodele staticii construcțiilor şi se corectează cu coeficientul condițiilor de lucru.

9.

SCĂRI

9.1. Elemente generale

Scările sunt elemente de construcții alcătuite din plane orizontale numite trepte, așezate denivelat și cu scopul de a asigura accesul între etaje.

Scările se compun din: rampe, trepte și contratrepte.

Rampa sau aripa scărilor reprezintă elementul înclinat de legătură între suprafețe orizontale, denumite podeste, situate la cote de nivel diferite.

Rampa este formată din trepte și din elementul de rezistență înclinat, care poate fi o placă, o grindă amplasată la mijlocul rampei, două grinzi laterale înclinate, denumite vanguri etc. În cazul în care treptele sunt fixate direct într-un element vertical de rezistență (perete, stâlp etc.) și lucrează ca niște console, atunci elementul de rezistență înclinat al rampei lipsește și rampa este formată numai din trepte, care, de obicei, lucrează independent:

– treapta constituie elementul orizontal al rampei, cu lățimea b, iar elementul vertical dintre două trepte succesive, cu înălțimea h, reprezintă contratreapta;

– vangul reprezintă marginile libere ale rampei, putându-se deosebi vangul interior de vangul exterior. Dacă o margine a rampei este rezemată sau încastrată în perete, atunci vangul respectiv lipsește. Dacă în lungul vangului se prevede o grindă, aceasta se numește grindă de vang;

– podestele de nivel sunt elemente plane și orizontale amplasate la extremitățile rampelor, având aceeași cotă de nivel cu etajele clădirii, constituind locuri de acces în elementele de circulație orizontală sau chiar în unitățile funcționale de la etajul respectiv;

– podestele intermediare permit schimbarea direcției în scopuri funcționale și de economosire a spațiului;

– grinzile de podeste se prevăd pe marginile podestelor, având rolul de reazem pentru podeste și pentru elementele de rezistență înclinate ale rampei;

– balustrada se prevede pe marginile libere ale rampelor și podestelor, ca o măsură de siguranță împotriva căderii persoanelor care circulă sau staționează pe scări. În același timp, servește pentru sprijin la circulația pe rampe, fiind prevăzută cu mână curentă, realizată din diferite materiale.

9.2. Funcțiuni și condiții de utilizare. Clasificare

Scările trebuie să satisfacă exigențele următoare:

– rezistență și stabilitate;

– protecție și siguranță contra focului;

– siguranța circulației în imobil;

– confortul circulației;

– confortul vizual;

– confortul termic;

– exigența estetică;

– exigența de durabilitate.

Siguranța structurală și de exploatare se asigură prin conformarea scării ca un ansamblu de elemente de construcție legate între ele, dar și cu celelalte elemente portante ale clădirii (pereți, stâlpi, planșee), urmărindu-se

realizarea unei structuri rigide, capabilă să reziste sub acțiunea încărcărilor din exploatare normală, precum și sub acțiunea celor mai defavorabile grupări de încărcări (inclusiv încărcări seismice), posibil a se produce pe durata de viață a clădirii.

Protecția și siguranța contra focului au implicații directe și precise asupra scărilor, acestea fiind elementele structurale care trebuie să reziste în caz de incendiu pe o durată cât mai mare de timp, pentru a permite evacuarea persoanelor din clădire. În acest scop, se impun următoarele condiții:

– să se asigure un nivel corespunzător de rezistență la foc a materialelor și alcătuirilor compozite folosite la pereții interiori ai casei scării, precum și la scări, pentru a limita dezvoltarea și propagarea incendiului (tabelul 9.1);

– să se asigure rezistențe la foc cel puțin egale cu cele din tabelul 9.2 pentru pereții casei scărilor și pentru scări, astfel încât să se împiedice propagarea incendiului între etajele clădirii;

– să se asigure evacuarea ocupanților clădirii, în caz de incendiu, într-un interval de timp minim necesar după alarmă.

Tabelul 9.1

Clasa de combustibilitate pentru diverse componente structurale

Specificare	Clasa de combustibilitate admisă pentru clădiri cu gradul de rezistență la foc				
	I	II	III	IV	V
Pereții de la casa scărilor	Incombustibili			Greu combustibili	
Puțuri de ascensoare	Incombustibile			–	
Grinzile, podestele și treptele scărilor interioare	Incombustibile			Greu combustibile	

Tabelul 9.2

Durata de timp pentru propagarea incendiului între etaje

Specificare	**Clasa de combustibilitate admisă pentru clădiri cu gradul de rezistență la foc**				
	I	II	III	IV	V
Pereții de la casa scărilor	2 h 30 min			30 min	15 min
Puțuri de ascensoare	1 h			–	
Grinzile, podestele și treptele scărilor interioare	1 h			30 min	

Ultima urgență stă la baza stabilirii unor condiții minimale pentru căile de evacuare, și anume:

– evacuarea persoanelor din clădire să se facă prin cel puțin două căi de evacuare, care, pe cât posibil, să ducă în direcții opuse (a doua cale de evacuare poate fi constituită din ferestre sau trape exterioare, cu ochiuri mobile de minimum 0,75×1,00 m, care asigură evacuarea în condiții corespunzătoare de securitate); în cazul clădirilor cu maximum 20 de persoane pe nivel, se poate asigura o singură cale de evacuare;

– lățimea liberă a scării l trebuie să aibă cel puțin valorile minime indicate în tabelul 9.3. Lățimea podestelor de nivel care asigură accesul în apartamente se mărește peste valorile minime indicate în tabelul 9.3, în cazul în care deschiderea ușilor se face spre scară. În dreptul ascensoarelor, lățimile minime ale podestelor se stabilesc în funcție de sensul de deschidere a ușilor ascensorului (fig. 9.2). Lățimea scării l este condiționată și de importanța pe care o reprezintă scara în ansamblul clădirii, aspect legat de destinația scării;

– lungimea căii de evacuare în caz de pericol să nu depășească valorile indicate în tabelul 9.4;

– asigurarea părților libere ale rampelor și podestelor prin balustrade de protecție, pentru care se recomandă o înălțime liberă de siguranță (măsurată

de la fața superioară a treptei) cuprinsă între 80 şi 90 cm. În dreptul ferestrelor întretăiate de rampe sau podeste se execută, de asemenea, balustrade. Balustrada se execută din materiale rezistente la foc, având acelaşi grad de rezistență ca şi scara.

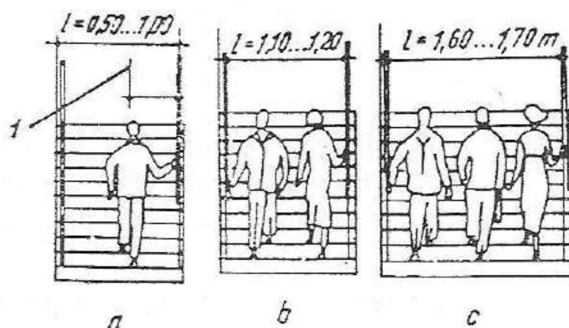


Fig. 9.1. Lățimea scărilor: *a* – cu un flux de circulație; *b* – cu două fluxuri; *c* – cu trei fluxuri; *1* – linia pasului.

Tabelul 9.3

Valorile lățimii libere minime

Numărul de niveluri	Lățimea liberă minimă pentru rampe şi podeste [m]	
	Scări principale	Alte tipuri de scări
≤ 2	0,95	0,90
3-5	1,05	
6-8	1,20	
≥ 9	1,25	

Tabelul 9.4

Valorile lungimii maxime a căii de evacuare

Gradul de rezistență la foc	Lungimea maximă, în m, a căii de evacuare, atunci când evacuarea se poate face:		Observații
	în două direcții diferite	într-o singură direcție (coridor înfundat)	
I şi II	50	25	Distanțele în interiorul apartamentelor de locuit nu se limitează
III	30	24	
IV	25	23	
V	20	18	

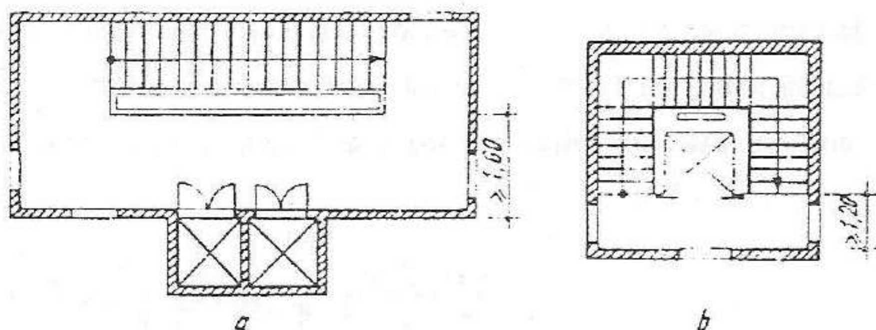


Fig. 9.2. Lățimea podestelor în dreptul ascensoarelor:
a – în cazul ascensoarelor cu uși batante spre exterior;
b – în cazul ascensoarelor cu uși glisante.

Clasificarea scărilor se face în funcție de:

- *destinația lor*:
  - scări principale;
  - scări monumentale;
  - scări secundare;
- *materialul folosit*:
  - scări din beton armat;
  - scări din lemn;
  - scări din metal;
  - scări din piatră naturală sau cărămidă;
- *după forma scării și modul în care sunt dispuse treptele*:
  - cu o singură rampă sau cu mai multe rampe în linie dreaptă;
  - scări curbe;
  - scări balansate;
- *după panta rampei*:
  - scări cu trepte joase, $h_t < 16{,}5$ cm;
  - scări mijlocii, $16{,}5 < h_t < 17{,}5$ cm;

– scări înalte, $17,6 < h_t < 22,5$ cm;

– trepte abrupte, $h_t = 22,6\text{-}30$ cm.

• *după poziția față de clădire:*

– scări interioare;

– scări exterioare.

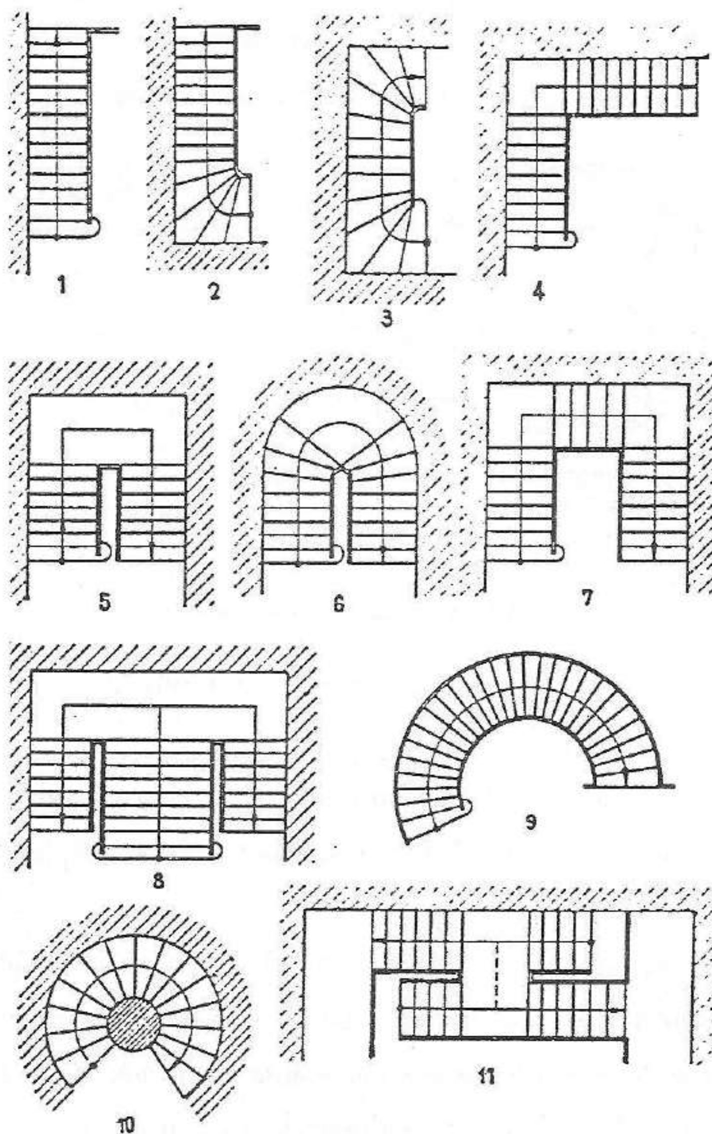


Fig. 9.3. Tipuri de scări.

9.3. Dimensionarea funcțională a scărilor

Dimensiunile caracteristice ale scărilor se determină prin calcul: lățime, lungime, înălțime, lățimea podestelor (fig. 9.4).

Din raportul dintre înălțimea treptei și lățimea treptei rezultă panta rampei.

Dimensiunile treptei se determină din relația:

$$2\,h_t + b_t = 62\text{-}64 \text{ cm} \quad \text{(relația lui Rondelet)}$$

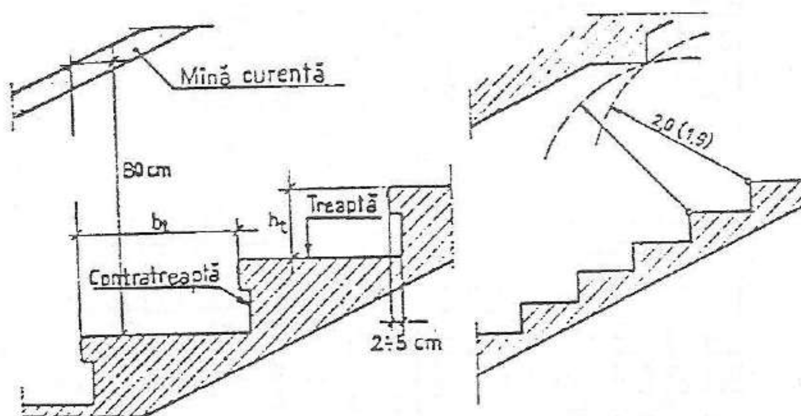


Fig. 9.4. Elemente caracteristice ale scării.

Pentru construcțiile destinate copiilor mici, relația de dimensionare este:

$$2h_t + b_t = 58\text{-}60 \text{ cm} \quad \text{și} \quad h_t \leq 15 \text{ cm}$$

Dimensiunile treptei se aleg în concordanță cu necesitățile funcționale ale clădirii.

Scările monumentale, scările exterioare, scările care se folosesc în locuri cu aglomerări mari de oameni, precum și scările spitalelor se execută cu contratrepte joase. Scările de serviciu, scările secundare, scările locuințelor individuale, scările de acces la acoperișuri sau subsoluri se execută cu contratrepte înalte.

Lungimea treptei sau lățimea rampei se determină din cerințe funcționale și de evacuare a clădirii în caz de pericol.

Lățimea liberă minimă a rampelor drepte și a podestelor la scări se stabilește în funcție de destinația clădirii și a scărilor, conform tabelului 9.5.

Lățimea rampelor de scară se măsoară între perete și balustradă sau între două balustrade ale aceleiași rampe, vangul incluzându-se în lungimea treptelor (dacă acesta nu este o grindă întoarsă).

Tabelul 9.5

Lățimea liberă minimă a rampelor și podestelor

Nr. crt.	Destinația construcției (clădirii)		Lățimea liberă minimă *) a rampelor și podestelor pentru scări [m]	
			Principale	Secundare
1	2		3	4
1	Construcții pentru producție sau depozitare și clădiri civile auxiliare industriei		1,10	1,00
2	Clădiri înalte		1,25**)	1,00
3	Clădiri cu persoane ce nu se pot evacua singure (creșe și grădinițe de copii, staționare medicale, ospicii pentru alienați, cămine pentru bătrâni și infirmi) cu scări destinate pentru:	– transportul cu targa al persoanelor imobilizate; – transportul în brațe al copiilor preșcolari; – celelalte căi de evacuare.	1,40***) 1,15 1,15	1,40***) 1,15 1,00
4	Clădiri pentru învățământ de toate gradele, având în total:	– *max.* 500 locuri; – peste 500 locuri.	1,15 1,15	0,90
5	Clădiri publice și administrative, având la nivelul cel mai populat:	– *max.* 200 persoane; – peste 200 persoane	1,15 1,35	0,90
6	Clădiri de locuit cu:	– *max.* 2 niveluri, – 3-5 niveluri; – 9 sau mai multe niveluri.	0,95 1,05 1,20	0,90****)

Tabelul 9.5 (continuare)

1	2		3	4
7	Clădiri cu săli aglomerate, cu scări destinate pentru:	– evacuarea publicului;	1,40	1,40
		– încăperi administrative;	1,15	0,90
		– cabine de proiecție pentru filme de nitroceluloză	0,90	0,70
		– locuri pentru orchestră	Lățimea căilor de evacuare ale anexelor scenei (cu care se suprapun), dar nu mai mică decât cea a ușilor fosei	
		– scena și anexele ei (fără avanscenă și buzunare) cu aria, în m^2:		
		< 350	1,00	1,00
		351-500	1,50	1,00
		>500	1,50	1,50

Note:

*) Se admite reducerea lățimii libere cu *max.* 5 cm (în fiecare parte), reprezentând grosimea mâinii curente a balustradelor scărilor.

**) La clădiri înalte, la clădiri cu persoane adulte care nu se pot evacua singure sau cu săli aglomerate și în clădiri publice sau administrative cu peste 200 persoane pe nivel, lățimea rampelor și podestelor scărilor este conform cu cea de la nr. crt. 3; 5 sau 7.

***) Lățimea podestelor scărilor în cazul transportului cu targa trebuie să fie de *min.* 2,20 m.

****) La scările secundare ale clădirilor de locuit, lățimea rampelor și podestelor poate fi de 0,85 m, în cazul apartamentelor grupate la scară.

Evacuarea persoanelor din clădire se consideră că se face sub formă de fluxuri. Determinarea numărului de fluxuri se face cu relația:

$$F = \frac{N}{C}$$

în care: F este numărul fluxurilor rezultate;

N – numărul persoanelor care trebuie evacuate;

C – capacitatea de evacuare a unui flux, definită ca numărul total de persoane care se evacuează prin fluxul respectiv, pe toată durata operației de evacuare.

Pe baza numărului total de fluxuri F se determină lăţimea scării astfel:

- pentru 1 flux: 0,9 m;
- pentru 2 fluxuri: 1,1 m;
- pentru 3 fluxuri: 1,6 m;
- pentru 4 fluxuri: 2,1 m;
- pentru 5 fluxuri: 2,5 m.

Lăţimile obişnuite de scară sunt cele care corespund la 2-3 fluxuri. Nu se recomandă rampe mai late de 2,4 m. Dacă rezultă din calcul o dimensiune mai mare, se va împărţi rampa, prin balustrade intermediare, în fâşii sub 2,4 m. La scări cu rampe ramificate, calculul lăţimii se face pentru rampa principală. Lăţimea fiecărei rampe ramificate trebuie să fie cel puţin 3/5 din lăţimea rampei principale.

Numărul de trepte la o rampă va fi de minimum 3, în afară de intrarea în clădiri. Pentru o circulaţie comodă, la rampele cu mai mult de 16 trepte se recomandă întreruperea cu podeste intermediare.

Spre partea liberă a podestelor sau a rampelor, scările se vor prevedea cu balustrade rezistente atât la solicitări verticale cât şi la cele orizontale. Înălţimea balustradei, măsurată de la muchia treptei pe verticală, trebuie să fie de 80 cm.

Scările, cu excepţia celor monumentale, vor avea mână curentă fixată de balustradă sau de pereţii scărilor, pe o singură parte, pentru două fluxuri, şi pe două părţi, pentru scări mai late. Înălţimea liberă între două rampe suprapuse sau o rampă şi un alt obstacol va fi de minimum 2 m, la scările principale, sau minimum 1,9 m, la rampele care conduc în pod sau subsol.

O soluţie foarte des întâlnită este cea cu trepte în formă dreptunghiulară în plan (rampe cu axa în linie dreaptă) şi podeste dreptunghiulare. Când nu se dispune de spaţiu suficient pentru amplasarea unei astfel de scări, se poate

utiliza scara cu trepte trapezoidale (balansarea treptelor). Balansarea este operația de trasare a scărilor asigurându-se o trecere gradată de la forma dreptunghiulară la forma trapezoidală (fig. 9.5).

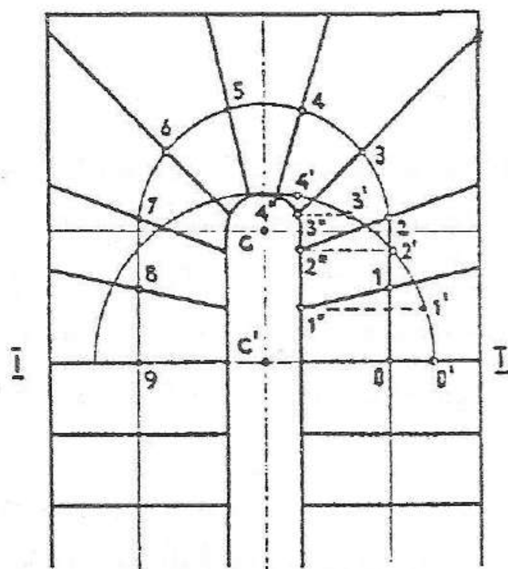


Fig. 9.5. Operația de balansare se realizează prin metoda grafică.

O soluție care rezolvă optim corelația dintre cerința estetică și cea de rezistență este scara din beton armat. Scara este susținută prin pereții casei scării, la structuri cu pereți portanți, sau prin riglele cadrelor, la structurile cu schelet de rezistență.

Din punct de vedere static, scările de beton armat pot fi realizate:

– rezemate pe ziduri de cărămidă sau ieșind în consolă din asemenea ziduri (fig. 9.6);

– rezemate pe o placă turnată în pantă (fig. 9.7);

– simplu rezemate sau parțial încastrate într-un schelet realizat din grinzi de beton armat;

– în forme diferite, circulare, elicoidale;

– rezemate pe o singură grindă (fig. 9.8).

Rampa poate fi realizată din elemente prefabricate sau turnată monolit

Treptele prefabricate se descarcă în direcţia transversală după latura scurtă a rampei pe pereţii casei scărilor sau pe grinzile înclinate ale rampei, numite grinzi de vang.

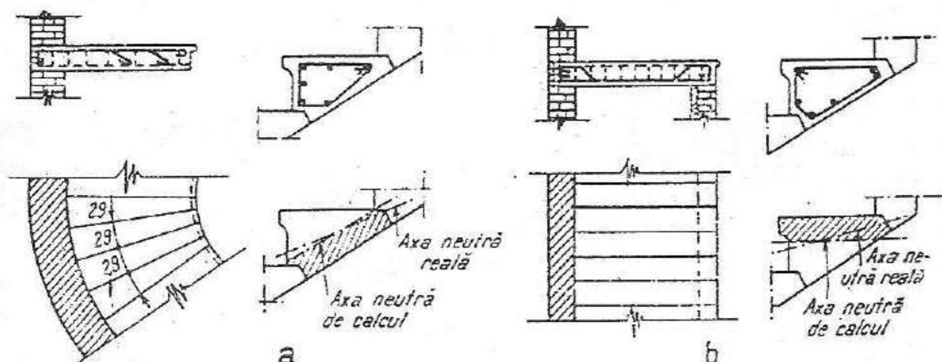


Fig. 9.6. Scări din beton armat rezemate pe ziduri de cărămidă:
a – scară încastrată; *b* – scară rezemată.

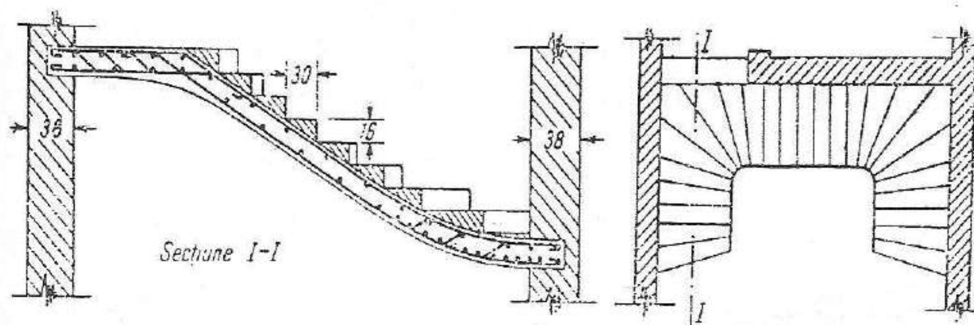


Fig. 9.7. Scară de beton armat rezemată pe o placă turnată în pantă.

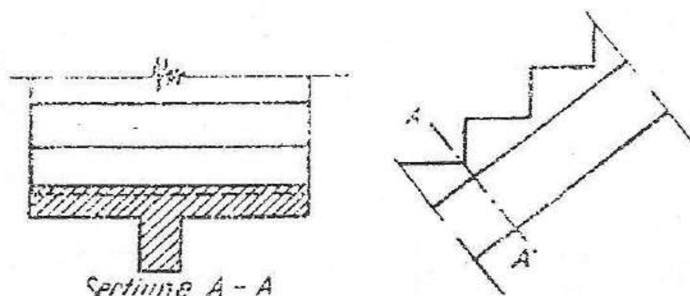


Fig. 9.8. Scară de beton armat rezemată pe o singură grindă.

Fig. 9.9. Armarea unei scări de beton armat.

Fig. 9.10. Scări prefabricate din beton armat.

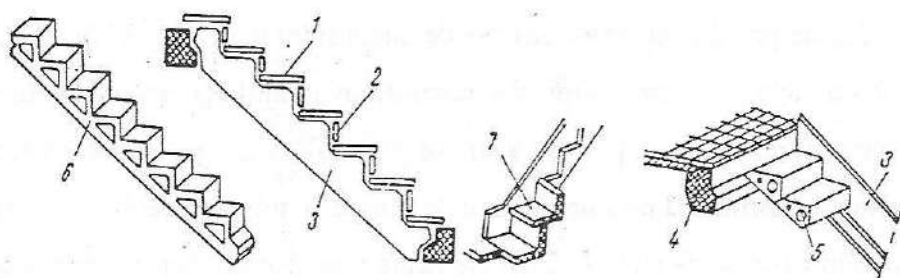


Fig. 9.11. Scări din elemente prefabricate de dimensiuni mici:
1 – treaptă; *2* – contratreaptă; *3* – vang; *4* – grindă de podest; *5* – treaptă cu goluri; *6* – grindă-vang cu goluri; *7* – treaptă în formă de L.

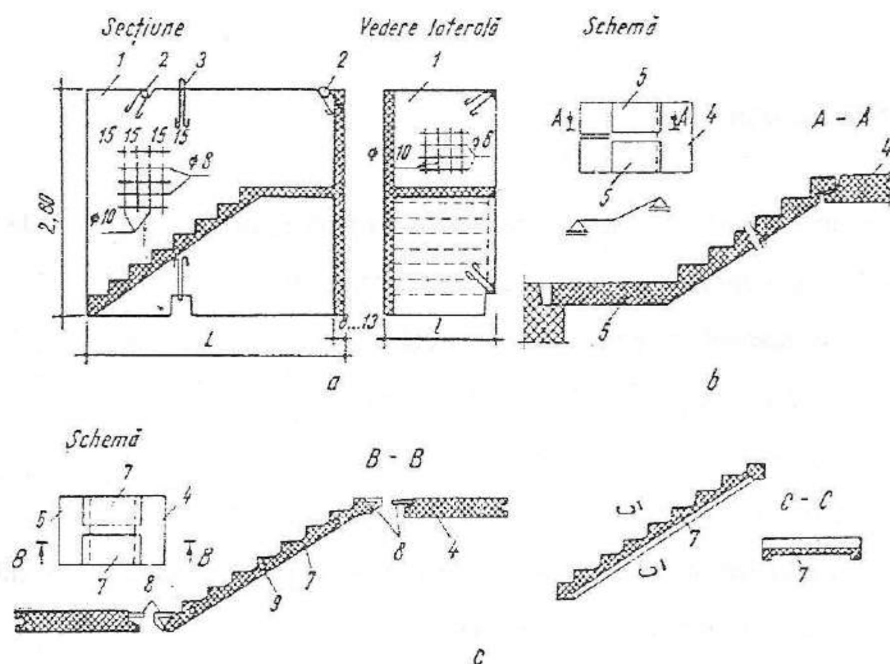


Fig. 9.12. Scări din elemente prefabricate de dimensiuni mari:
1 – piesă monobloc; *2* – agrafe de agățare; *3* – mustăți de legătură; *4* – podest de nivel, prefabricat; *5* – element prefabricat cuprinzând o rampă și jumătate din podestul intermediar; *6* – podest intermediar, prefabricat; *7* – rampă prefabricată; *8* – mustăți pentru monolitizare rampă-podest; *9* – goluri pentru agățare la montaj.

Avantajele acestei soluții constau în greutatea mică a elementelor prefabricate și posibilitatea de a obține o tipizare de serie. Principalul inconvenient al soluției constă în gradul redus de industrializare.

Scările prefabricate din elemente de dimensiuni mari (fig. 9.12) necesită utilaje de capacitate mai mare, dar prezintă avantajul sporirii gradului de industrializare. Aceste tipuri de scări se pot realiza din piese prefabricate monobloc, cuprinzând o rampă, jumătate din podestul intermediar şi o parte din pereţii casei scării (fig. 9.12,*a*); elemente prefabricate, cuprinzând rampa şi jumătate din podeste sau rampa şi jumătate dintr-un podest, celălalt podest fiind prefabricat separat (fig. 9.12,*b*), sau din rampă şi podeste prefabricate individual (fig. 9.12,*c*).

9.4. Scări curbe

Scările curbe, în mod obişnuit au o singură rampă pe un etaj. Ele se execută cu axa elicoidală (elice circulară, eliptică etc.).

După modul de rezemare, scările circulare se pot realiza astfel (fig. 9.13):

- cu rezemare pe ambele margini ale rampei;
- încastrate în peretele exterior sau interior;
- libere, cu rezemare numai pe grinzile de podest.

O scară care dă rezultate bune este scara elicoidală realizată pe un stâlp central şi trepte prefabricate (fig. 9.14).

9.5. Principii de calcul

Calculul de rezistenţă şi deformaţie al scărilor se face considerând tipul structural al acesteia, condiţiile de rezemare şi încărcările. La elementele înclinate (fig. 9.15) se are în vedere că încărcarea permanentă este uniform repartizată pe suprafaţa înclinată, iar încărcarea utilă, pe proiecţia orizontală.

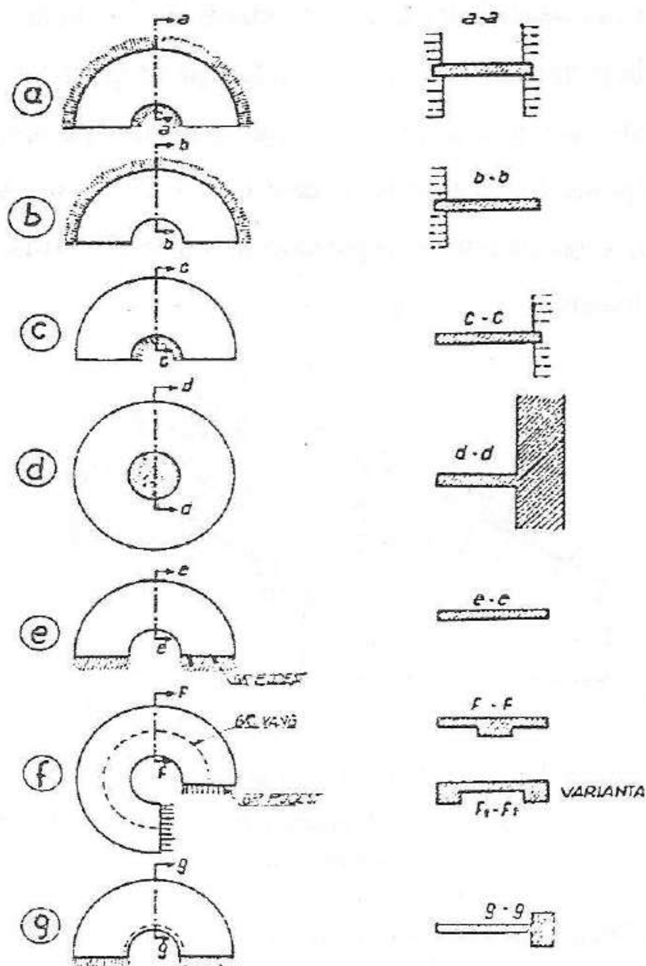


Fig. 9.13. Sisteme de rezemare a scărilor curbe.

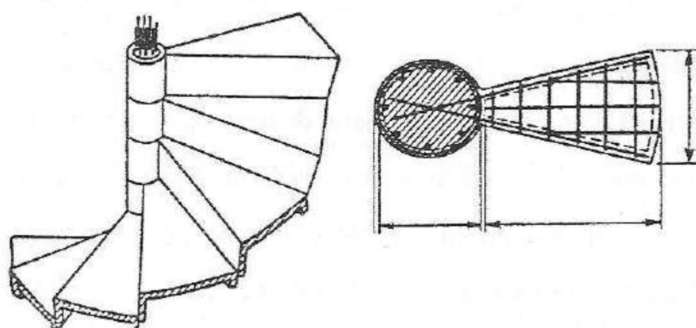


Fig. 9.14. Scări elicoidale din elemente prefabricate.

Scările se calculează la încărcările permanente și încărcări utile.

Încărcările permanente se stabilesc în funcție de greutatea elementelor de rezistență ale rampelor și podestelor, a straturilor de umplutură și a finisajelor adoptate. Încărcările utile date de STAS 1010/2A/1-1975 au în vedere situația aglomerațiilor, reprezentând valorile maxime normate în condiții de exploatare.

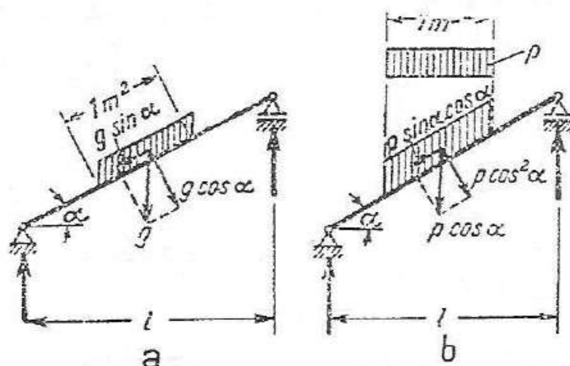


Fig. 9.15. Scheme de calcul ale plăcilor înclinate de la scări: *a* – pentru încărcarea cu sarcini permanente; *b* – pentru încărcarea cu sarcini utile.

În unele situații, în special la scările alcătuite din elemente independente sau lipsite de contratrepte de solidarizare, scările se verifică și la o încărcare utilă concentrată pe direcția verticală, aplicată în poziția cea mai defavorabilă.

Scările realizate numai din trepte (fără contratrepte de rigidizare) se verifică și la o încărcare utilă concentrată, aplicată pe direcția verticală în poziția cea mai defavorabilă. Se consideră, de asemenea, efectul unor încărcări verticale sau orizontale considerate ca uniform distribuite liniar, aplicate la nivelul mâinii curente a balustradelor, rampelor și podestelor (acțiunea orizontală a încărcărilor nu se consideră simultan cu cea verticală).

Analiza efectelor cutremurului din anul 1977 asupra unor construcții (în special cu structura în cadre) a pus în evidență necesitatea verificării scărilor

la acțiuni seismice, constatare relativ nouă, nesemnalată până la acea dată în literatura de specialitate. S-a constatat că în special la construcțiile cu structura flexibilă, amplasate în zone cu seismicitate ridicată, acțiunea cutremurului produce în elementele scării solicitări cu valori apreciabile și care nu pot fi neglijate. De asemenea, și comportarea de ansamblu a structurilor (în special a celor în cadre) este influențată de prezența scărilor, care introduce o rigiditate suplimentară în deplasare, putând, uneori, să constituie un puternic factor de disimetrie în cazul unor structuri care puteau fi considerate, abstracție făcând de scări, ca fiind absolut simetrice.

Calculul elementelor componente ale scărilor obișnuite, curent folosite în construcții, nu ridică probleme deosebite și se face pe scheme statice relativ simple.

Pentru scările cu trepte sau cu placă în consolă (fig. 9.16), trebuie asigurate condițiile de încastrare și stabilitate, care impun ca peretele să fie solicitat de o încărcare permanentă suficient de mare.

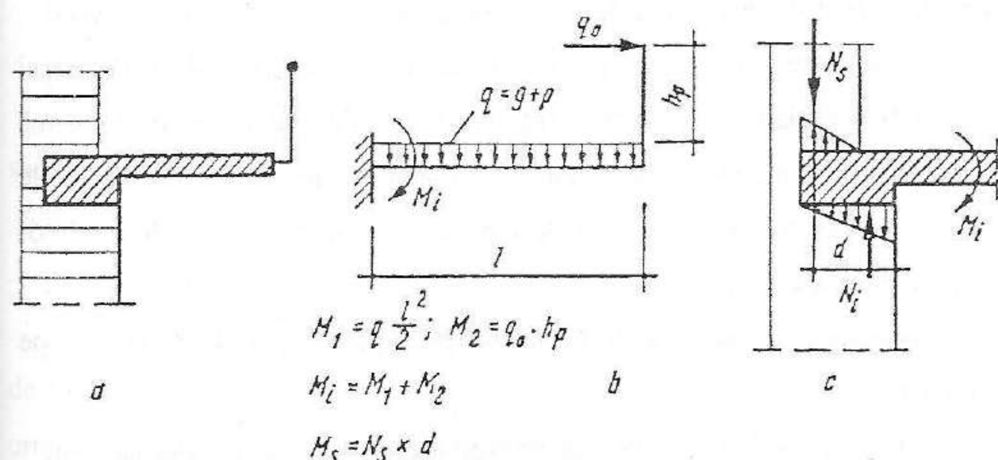


Fig. 9.16. Încastrarea scărilor în pereți de zidărie:
a – secțiune transversală; *b* – schema statică de calcul; *c* – reacțiunile din încastrare.

Gradul de încastrare depinde de mărimea relativă a reacțiunilor verticale N_s și N_i și a momentelor de stabilitate M_s și de încastrare M_i și crește pe măsură ce N_s și M_s sunt mai mari în raport cu N_i și M_i. Încastrarea scărilor din beton monolit în elemente verticale executate tot din beton monolit se realizează prin armături de continuitate, dimensionate corespunzător, gradul de încastrare determinându-se în funcție de rigiditatea la încovoiere a elementelor concurente.

Pentru scările cu deschideri obișnuite (3,00-4,00 m), realizate din plăci orizontale și înclinate (v. tabelul 9.6, tipul 3), cu sau fără grinzi, este favorabilă asigurarea conlucrării plane între rampă și podeste, deoarece conduce la micșorarea momentelor încovoietoare din câmpuri. În cazul scărilor din elemente prefabricate, continuitatea rampei cu podestul se ia în considerare numai dacă îmbinarea lor este capabilă să preia moment încovoietor.

Pentru scările cu deschideri mari este rațională și recomandabilă asigurarea conlucrării plane dintre podeste și rampe, în vederea sporirii rigidității ansamblului structural și a unei proiectări economice.

Pentru scările cu alcătuire specială (v. tabelul 9.6, tipul 4), calculul este mai laborios, fiind necesar să se ia în considerare starea spațială de eforturi.

Pentru scara elicoidală, starea de eforturi este complexă datorită formei rampei. În situația unei scări elicoidale dublu articulate, acționată de o sarcină uniform distribuită, eforturile se calculează atât în funcție de caracteristicile geometrice ale scării cât și de ipotezele de calcul care au în vedere tehnologia de execuție, respectiv:

– sarcina care acționează rampa se presupune uniform distribuită pe orizontală;

– linia de centru a rampei nu corespunde cu linia de centru a sarcinii;

– punctele de sprijin ale rampei nu permit deplasări pe verticală, reacțiunea verticală în fiecare articulație este egală cu jumătate din sarcina totală;

– calculul static se conduce pe linia de centru a rampei.

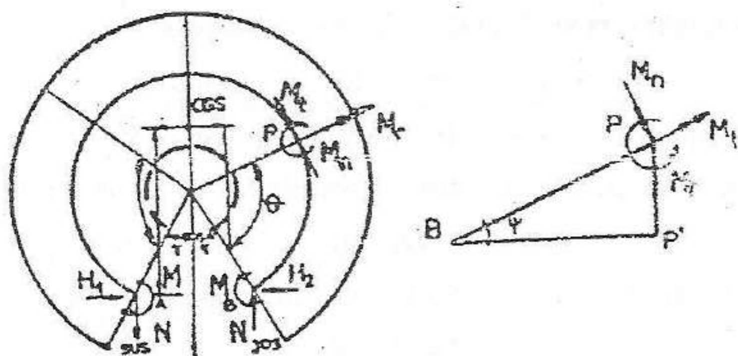


Fig. 9.17. Elemente geometrice ale scării elicodale:
R_i – raza interioară; R_e – raza exterioară a rampei; h – diferența de nivel între punctele de fixare; β – unghiul de desfăşurare a rampei; $2T$ – unghiul între punctele de fixare; 2γ – unghiul între punctele de fixare; θ – unghiul curent al rampei.

Cu aceste elemente se calculează (fig. 9.17):

R_1 – raza liniei de centru a sarcinilor:

$$R_1 = \frac{2}{3}\frac{R_e^3 - R_i^3}{R_e^2 - R_c^2};$$

R_2 – raza liniei de centru a rampei:

$$R_2 = \frac{1}{2}(R_e - R_i);$$

$\bar{x}$ – distanța de la centrul elicei la punctul de aplicare a rezultantei sarcinilor:

$$\bar{x} = \frac{2R_1}{\beta}\cdot\sin\frac{\beta}{2}.$$

Se calculează reacțiunile şi eforturile: se notează cu q sarcina pe unitatea de lungime a proiecției orizontale a liniei de centru a sarcinilor. Rezultă următoarele expresii pentru reacțiuni şi eforturi, din condiții de echilibru static:

– reacțiuni verticale:

$$v_1 = v_2 = \frac{q\cdot R_1\cdot\beta}{2}$$

– reacțiunea orizontală în direcția axei de simetrie:

$$H = \frac{q \cdot R_1 \cdot \beta}{2h} \cdot \frac{2.R_1}{\beta} \cdot \sin\frac{\beta}{2} + R_2 \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2} - \frac{\pi}{2}\right);$$

– reacțiunea orizontală în direcția perpendiculară pe axa de simetrie:

$$H_2 = 0;$$

– momentul încovoietor ce acționează în jurul axei verticale:

$$M = H \cdot R_2 \cdot \sin\varphi$$

– eforturile în secțiunea curentă sunt:

• momente de torsiune dirijate după tangenta la elice:

$$M_t = \left[qR_1R_2\frac{\beta}{2}(1-\cos\theta) - H \cdot h\frac{\theta}{\beta}\sin\left(\theta+\gamma-\frac{\pi}{2}\right) + qR_1\left(R_1\sin\theta - R_2\theta\right)\cdot\right]\cdot$$
$$\cdot\cos\varphi\left[H \cdot R_2 \cdot \cos\left(\theta+\gamma-\frac{\pi}{2}\right)\right]\cdot\sin\varphi;$$

$$M_r = -qR_1R_2\frac{\beta}{2}\sin\theta + Hh\frac{\theta}{\beta}\cos\left(\theta+\gamma-\frac{\pi}{2}\right) + qR_1^2(1-\cos\theta);$$

• momente încovoietoare dirijate după binormală:

$$M_n = \left[qR_1R_2\cdot\frac{\beta}{2}(1-\cos\theta) - H \cdot h\frac{\theta}{\beta}\sin\left(\theta+\gamma-\frac{\pi}{2}\right) + \sin R_1(R_1\sin\theta - R_2\theta)\right]\cdot$$
$$\cdot\sin\varphi + H \cdot R_2\cos\left(\theta+\gamma-\frac{\pi}{2}\right)\cos\varphi;$$

• forța tăietoare:

$$s_r = H\sin\left(\theta+\gamma-\frac{\pi}{2}\right)$$

• forța tăietoare binormală:

$$s_n = H \cdot \cos\left(\theta+\gamma-\frac{\pi}{2}\right)\cdot\sin\varphi - \left[V - qR_1\theta\right]\cos\varphi;$$

• forța axială:

$$s_t = H \cdot \cos\left(\theta+\gamma-\frac{\pi}{2}\right)\cos\varphi + (V - q \cdot R_1\theta)\sin\varphi$$

Eforturile se calculează în patru secțiuni simetrice pe circumferința scării pentru a surprinde porțiunile exacte în care este necesară îndesirea armăturii de rezistență. Se trasează diagramele de moment, forță axială, forță tăietoare.

Dimensionarea secțiunii de beton se efectuează pentru preluarea solicitărilor compuse maxime:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma}{2} + \sqrt{\frac{\sigma}{4} + \tau^2} \leq 4 \cdot R_t$$

unde:

$$\sigma = \frac{N}{A} \qquad \text{și} \qquad \tau = \frac{M_t}{W_t} + \frac{Q}{b \cdot h_0}$$

Ariile de armătură se determină pentru fiecare secțiune caracteristică.

După alegerea numărului de bare se întocmesc schițele de armare, astfel încât să fie îndeplinite prescripțiile de alcătuire ale elementului de beton armat precum și ipotezele inițiale de calcul privind rezemarea elementului.

Balustradele rampelor și podestelor sunt supuse unor încărcări verticale sau orizontale considerate ca uniform distribuite liniar, în N/m, și aplicate pe mâna curentă (acțiunea orizontală a încărcărilor nu se consideră simultan cu cea verticală). Încărcările orizontale aplicate pe mâna curentă a balustradei acționează asupra rampei, dând naștere la un moment încovoietor și o forță orizontală în punctul de încastrare al balustradei în rampă.

Scările realizate numai din trepte (fără contratrepte) se verifică suplimentar și la o încărcare utilă concentrată, aplicată pe direcția verticală în poziția cea mai defavorabilă.

În tabelul 9.6 sunt prezentate sintetic tipurile de scări, sistemele de rezemare și schema statică de calcul.

9.6. Scările metalice

Scările metalice se execută cu trepte separate prinse în grinzile de vang, rezemate la rândul lor pe grinzi de podest (fig. 9.18).

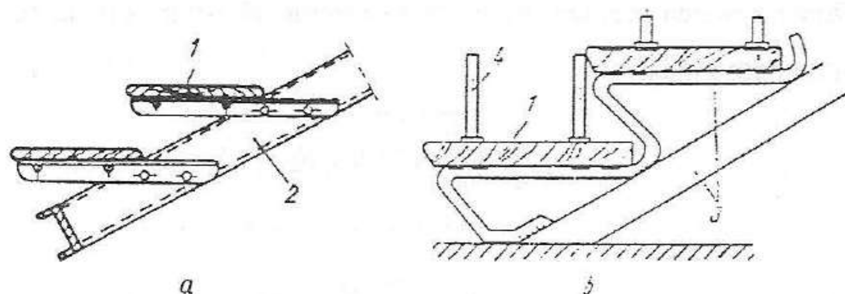


Fig. 9.18. Scări metalice:
a – cu vang aparent; *b* – cu vang ascuns; *1* –trepte din lemn; *2* – vang aparent de profil laminat; *3* – vang din oțel-beton; *4* – montant balustradă.

Treptele se execută din tablă de oțel sau tablă striată, fiind întărite la extremități cu cornier. Vangurile se realizează din profile metalice sau tablă subțire laminată la rece. În calcule, grinda de vang se consideră o grindă simplu rezemată pe grinzile de podest. Prinderea treptelor de grinzile de vang se face cu ajutorul cornierului sau prin sudură.

Scările metalice pot fi realizate și în spirală (fig. 9.19).

Scările metalice se utilizează ca scări secundare pentru evacuare.

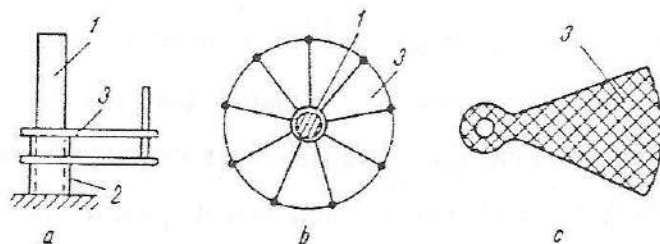


Fig. 9.19. Scară metalică în spirală:
a – elevație în timpul execuției; *b* – plan; *c* – detaliu treaptă; *1* –pilon central; *2* – manșon de fixare; *3* – treaptă independentă.

9.7. Scările din lemn

Scările din lemn se folosesc numai la locuințe individuale cu maximum un etaj și la scări de acces spre pod. Principalul dezavantaj al acestei soluții îl constituie gradul ridicat de combustibilitate.

Treptele se execută din dulapi din lemn de esență tare, fără noduri, pentru a nu produce o uzură neuniformă. Treptele se prind de vanguri fie în locașuri crestate în acestea, fie prin intermediul unor șipci intermediare prinse pe fețele laterale ale vangurilor. Podestul se rezolvă cu grinzi de podest și astereală, ca la planșeul din lemn.

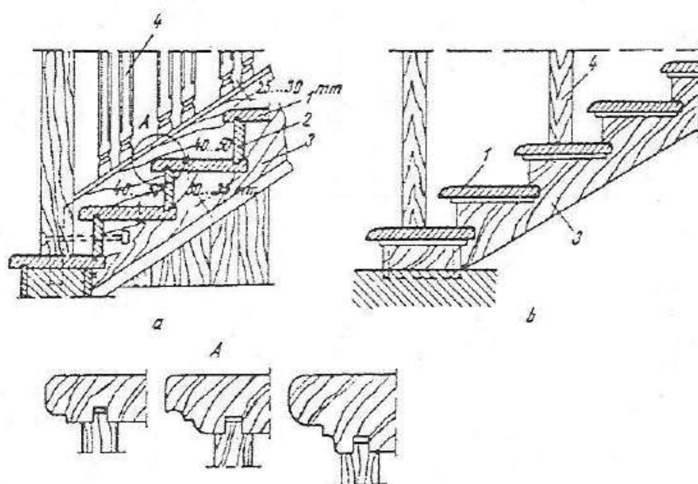


Fig. 9.20. Scări din lemn:
a – cu vang aparent; *b* – cu vang ascuns; *1* – treaptă; *2* – contratreaptă; *3* – vang; *4* –balustradă.

La scările principale, la care se cer și anumite condiții estetice, se prevăd și contratrepte din scânduri prinse astfel încât să permită deformații ale treptelor sub sarcini sau datorate uscării lemnului. Treptele se execută din material de 3,5-5 cm grosime, iar contratreptele, din materiale de 1,8-2,5 cm grosime. Vangurile pot fi executate din dulapi sau grinzi și vor fi ancorate la extremități de fundații și de grinzile planșeului sau de podest.

Tabelul 9.6

Scheme statice de calcul pentru diferite tipuri structurale de scări

Tip structural		Observaţii	Schema statică de calcul
1. Scări din elemente independente (cu formă în plan dreaptă sau curbă, alcătuite din trepte, fără contratrepte)			
Cu trepte simplu rezemate (fig. 1,a)	a	Reazemă pe pereţi portanţi, pe un perete portant şi o grindă de vang sau pe două grinzi de vang	
Cu trepte în consolă (fig. 1,b)	b	- Necesită un perete portant în care să se asigure încastrarea treptelor pe minimum 25 cm în pereţi de beton - Nu se recomandă trepte de încastrare mai lungi de 1,50 m	
Cu trepte în consolă dublă (fig. 1,c)	c Fig. 1.	- Necesită verificarea prin calcul, în ipoteza cu încărcare nesimetrică	
2. Scări colimason			
Cu pilon central şi trepte în consolă (fig. 2,a)	a	- Au formă circulară în plan, cu sau fără pereţi pe conturul exterior - Permit desfăşurarea scării într-un spaţiu minim - Se folosesc ca scări secundare pentru trafic redus	
Încastrate la extremităţi (fig. 2,b)	b Fig. 2.		

3. Scări din plăci sau din plăci și grinzi			
Cu plăci rezemate pe un contur închis (fig. 3,a)	Fig. 3.	- Soluție constructivă indicată pentru deschideri mici și mijlocii - Se realizează, de obicei, cu plăci de podest mai groase decât plăcile rampelor - Se utilizează în special la clădiri civile, deoarece oferă un intrados neted, cu aspect plăcut	Podeste nivel curent Podeste intermediare Rampe Latură încastrată Latură simplu rezemată Latură liberă
Cu placă dreaptă sau curbă încastrată într-un perete (fig. 3,b)		- Necesită un perete portant care să asigure încastrarea scării	
Cu plăci drepte și grinzi de podest (fig. 4)	Fig. 4.	- Soluție constructivă indicată pentru deschideri mari; - Se folosesc frecvent la construcții civile și industriale	Podeste nivel curent Podeste intermediare Rampe Latură încastrată Latură simplu rezemată Latură liberă

Tabelul 9.6 (continuare)

Cu plăci, grinzi de podest și grinzi de vang	Fig. 5.	- Soluție utilizată mai rar	
4. Scări cu alcătuire specială			
Cu rampe ortopoligonale realizate dintr-o placă groasă (fig. 6,a) sau dintr-o placă subțire și grinzi de vang (fig. 6,b)	a b Fig. 6.	- Soluție constructivă care asigură o concordanță perfectă între forma structurală și cea funcțională - Necesită un cofraj complicat; - Consumul de oțel este ridicat	
Curbe rezemate din planșeu în planșeu, cu vang central elicoidal drept (fig. 7,a) cu două vanguri (fig. 7,b) sau rampă elicoidală	a b Fig. 7.	- Grinda spațială se realizează din beton armat monolit, iar treptele pot fi prefabricate - Soluția necesită asigurarea condițiilor de încastrare pentru capetele vangurilor	

Tabelul 9.6 (continuare)

Curbe rezemate din planşeu în planşeu, cu rampa realizată dintr-o placă plană (fig. 8,a) sau dintr-o placă întărită cu grinzi de vang (fig. 8,b)	a b Fig 8.	- Forma în plan a scării poate fi cerc, elipsă sau parabolă	
Suspendate (fig. 9)	Tirant Fig. 9.	- Capetele libere ale treptelor se suspendă de tavan sau de podestul imediat superior, în scopul reducerii momentelor de încastrare. Având în vedere posibilitatea alungirii firelor de suspensie în momentul aplicării încărcării, treptele se realizează cu o contrasăgeată dependentă de gradul de încastrare	

10.

ACOPERIŞURI

10.1. Rol, alcătuire, clasificare

Acoperişurile sunt ansambluri constructive amplasate la partea superioară a clădirilor, care fac parte, împreună cu pereţii exteriori şi cu unele elemente de infrastructură, din sistemul elementelor de închidere ale clădirilor.

Subansamblul acoperiş cuprinde următoarele elemente principale, diferenţiate prin funcţiunile pe care le îndeplinesc:

– învelitoare, cu rol de protecţie hidrofugă;

– termoizolaţie;

– bariere contra vaporilor;

– elemente accesorii cu rol de colectare a apelor pluviale.

Acoperişurile se dimensionează la acţiunea încărcărilor permanente climatice, încărcări rezultate din procesul de exploatare.

Clasificarea acoperişurilor se face după mai multe criterii:

• din punct de vedere al comportării hidrotehnice:

– acoperişuri duble;

– acoperişuri într-un strat;

– acoperişuri neventilate (terasă);

• în funcţie de pantă:

– înclinate, cu pante 8-20 %;

– plate (terase);

– acoperişuri cu suprafeţe curbe.

10.2. Funcţiile acoperişurilor

Acoperişurile participă la realizarea unui microclimat artificial în clădire, având următoarele funcţii:

– de etanşeitate la acţiunea apei din precipitaţii;

– de protecţie higrotermică;

– de protecţie acustică;

– de iluminare (luminatoare);

– de rezistenţă.

Solicitările la care sunt supuse acoperişurile sunt:

– încărcări verticale;

– încărcări orizontale (vânt, seism);

– încărcări mecanice datorită variaţiei de temperatură.

Exigenţele referitoare la acoperişuri sunt:

– exigenţele tehnice, care se referă la stabilitatea şi rezistenţa structurală;

– siguranţa la foc;

– durabilitatea;

– exigenţele funcţionale;

– exigenţele economice.

Exigenţele funcţionale se referă la:

– etanşeitatea la aer, pentru a evita pierderile de căldură;

– etanşeitatea la apă;

– izolarea termică;

– limitarea amplitudinii oscilaţiei zilnice a temperaturii pe suprafaţa tavanelor – planşeelor-terasă, ca urmare a radiaţiei solare.

10.3. Elemente componente ale acoperişului

Elementele componente ale acoperişurilor sunt: învelitoarea, termoizolația, bariera contra vaporilor, structura de rezistență.

10.3.1. Învelitori

Acestea reprezintă elementul de construcție prevăzut la partea superioară, cu rol de izolare contra agenților atmosferici. Învelitoarea trebuie să răspundă exigenței de etanşeitate la acțiunea agenților atmosferici.

Ca tipuri de învelitori se menționează:

– învelitori organice (trestie);

– învelitori plăci din piatră naturală (ardezie);

– învelitori piatră artificială (azbociment, beton, ceramică);

– învelitori din tablă;

– învelitori din sticlă;

– învelitori din materiale plastice.

Din punct de vedere al asigurării etanşeității, se disting:

– învelitori continue (fără rosturi);

– învelitori discontinue (impermeabile la acțiunea apei).

Din punct de vedere al portanței se disting:

– învelitori elastice, care necesită suport continuu din bitum (terasă, tablă plană);

– învelitori care necesită suport la distanțe reduse (de exemplu, plăci ceramice);

– învelitori ce se montează pe rețea (azbociment).

10.3.2. Structuri de rezistenţă pentru acoperişuri

Alcătuirea structurii de rezistenţă pentru acoperişuri depinde de:
- soluţia adoptată pentru învelitoare;
- forma şi dimensiunile în plan ale clădirii;
- considerente economice.

10.3.2.1. Şarpante

Pentru construcţii de înălţime mică sau medie se pot folosi acoperişuri şarpante învelite cu ţigle ceramice. Şarpanta din lemn are o durabilitate relativ redusă şi prezintă pericol de incendiu. Cu toate aceste dezavantaje, şarpantele din lemn permit o execuţie uşoară.

Şarpantele, în funcţie de materialul utilizat, se clasifică astfel:
- şarpante din lemn ecarisat;
- şarpante din lemn ecarisat şi rotund.

Şarpantele din lemn ecarisat sunt de trei tipuri: şarpante cu căpriori, şarpante cu scaune, şarpante cu macaz.

Şarpantele cu căpriori se folosesc la clădiri cu o deschidere de 4-6,50 m între pereţii portanţi. Căpriorii sunt dispuşi după linia de cea mai mare pantă a versanţilor. Aceste ansambluri se aşază la o distanţă de 70-90 cm (fig. 10.1).

Învelitoarea este menţinută printr-o astereală discontinuă din şipci de lemn realizată perpendicular pe direcţia căpriorilor.

Şarpanta cu scaune se foloseşte la clădiri cu secţiunea transversală sporită, care admit şi pereţi de rezistenţă interiori longitudinali şi care preiau o parte din încărcările acoperişului.

Şarpanta cu scaune este alcătuită din sisteme de rezistenţă plane, principale, numite ferme aşezate în lungul acoperişului la distanţe de 3-5 m între ele şi sisteme secundare formate numai din perechi de căpriori, aşezaţi între ferme, la 70-90 cm distanţă (fig. 10.2).

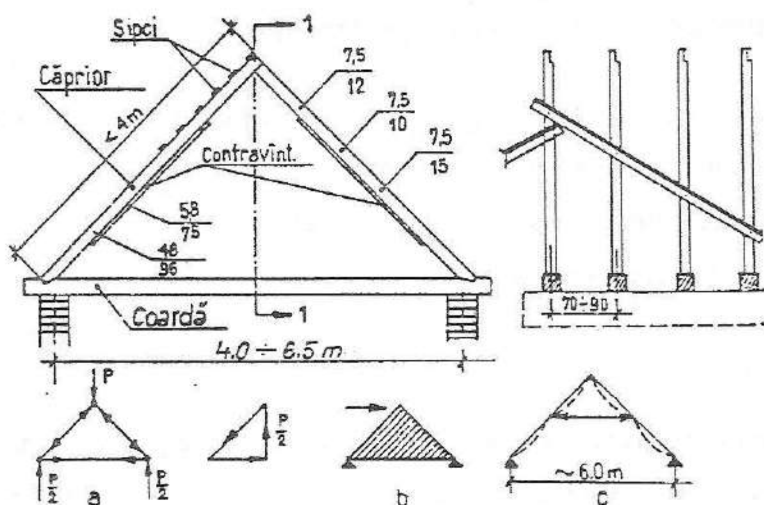


Fig. 10.1. Șarpantă cu căpriori.

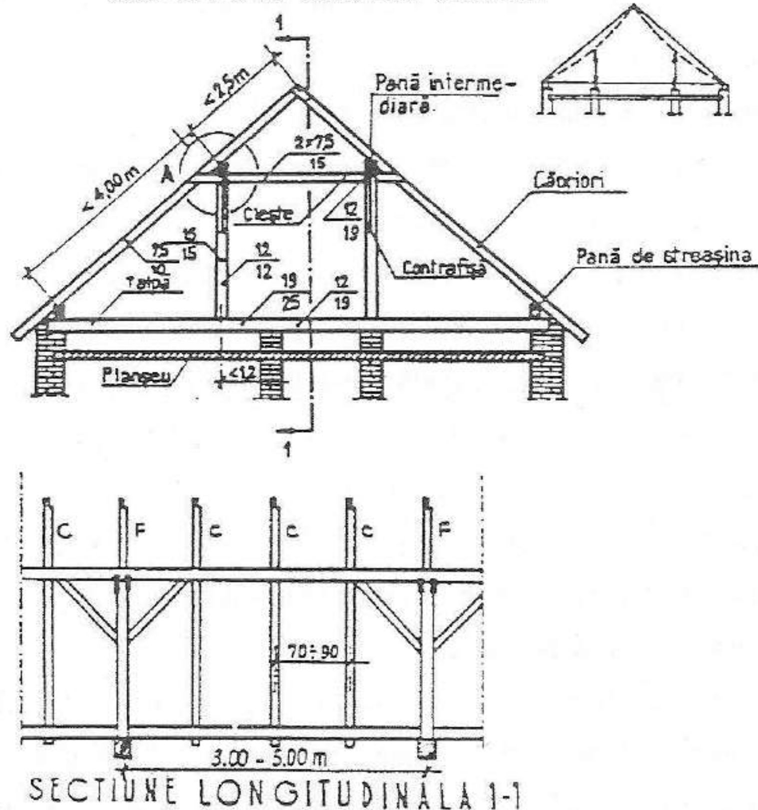


Fig. 10.2. Șarpanta cu scaune.

Principalele conformări ale şarpantei cu scaune sunt prezentate în figura 10.3.

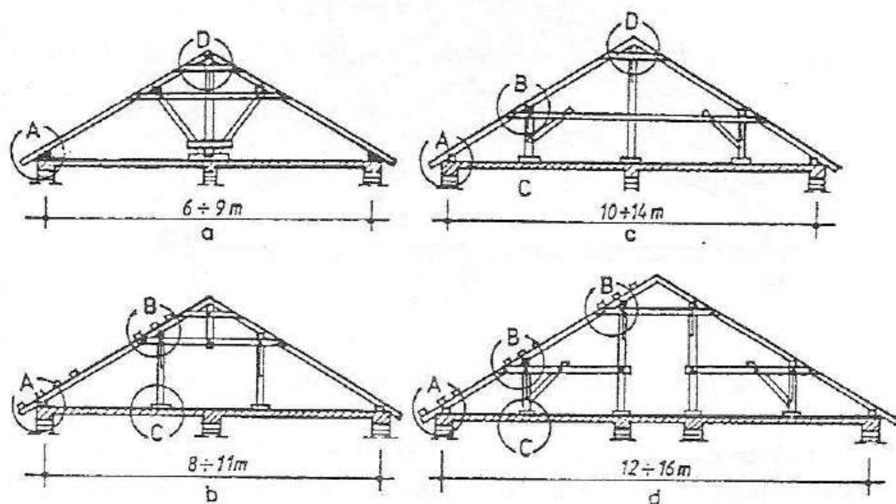


Fig. 10.3. Principalele tipuri de şarpante pe scaune:
a – cu deschideri de 6-9 m; *b* – cu deschideri de 8-12 m; *c* – cu deschideri de 12-14 m; *d* – cu deschideri de 14-16 (18) m.

Şarpantele pe scaune care formează sistemul plan se dispun în lungul clădirii, la distanţe de 3,5-5 m, în funcţie de poziţia pereţilor portanţi. Stabilitatea spaţială a acoperişului cu şarpantă pe scaune se asigură prin prevederea contravântuirilor (contrafişelor) transversale şi longitudinale cu ajutorul cărora se realizează rigidizarea dintre popi, pane, cleşti.

În figurile 10.4 şi 10.5 sunt prezentate detalii constructive pentru modul de realizare a îmbinărilor din nodurile caracteristice ale şarpantei pe scaune, precum şi vederea în perspectivă a unei şarpante pe scaune.

Şarpanta cu ferme-macaz se foloseşte la clădiri care au numai pereţi exteriori longitudinali, fără pereţi interiori pe care s-ar putea descărca scaunele.

Macazul este un sistem de rezistenţă format din mai multe bare, care fac parte din formă şi care, în lipsa scaunelor, servesc la descărcarea panelor pe pereţii exteriori.

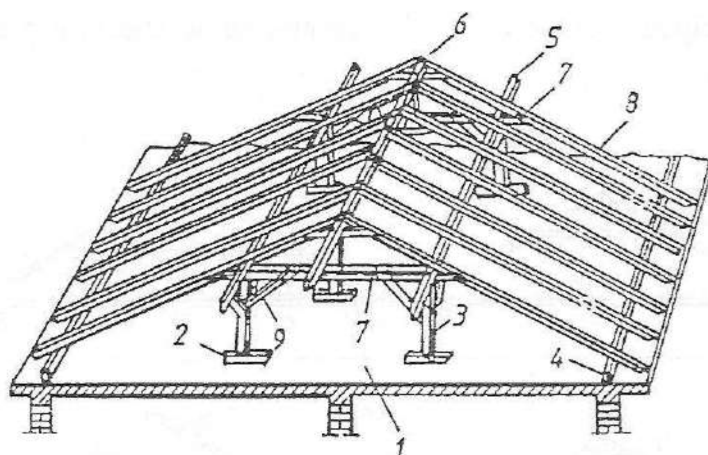


Fig. 10.4. Vedere în perspectivă a unei șarpante pe scaune; elemente componente:
1 – planșeu de beton armat; *2* – talpă de repartiție; *3* – scaune (pop); *4* – cosoroabă; *5* – pană de câmp; *6* – pană de coamă; *7* – clești; *8* – căpriori; *9* – contrafișe (transversale și longitudinale).

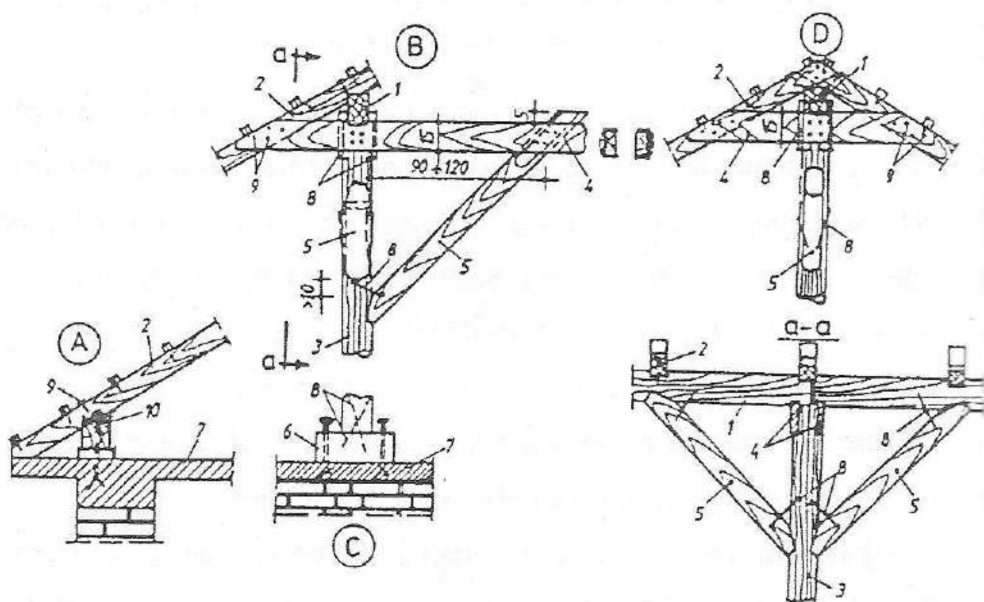


Fig. 10.5. Detalii constructive caracteristice șarpantelor din lemn pe scaune:
A – îmbinare între căpriori, pană de streașină (cosoroabă) și centura de beton armat;
B – idem între căpriori, pană curentă, clești și pop; *C* – între pop, talpă și planșeu;
D – între căpriori, pană de coamă, clești și pop central.

Acoperişul este alcătuit în mod similar şi din aceleaşi elemente ca şi în cazul şarpantelor cu scaun, cu excepţia fermei, care se prevede cu macaz.

După mărimea deschiderii, se execută şarpantă cu macaz simplu (fig. 10.6), folosit la deschiderile de maximum 8,00 m, şi macaz dublu, pentru deschiderea de maximum 12,00 m (fig. 10.7).

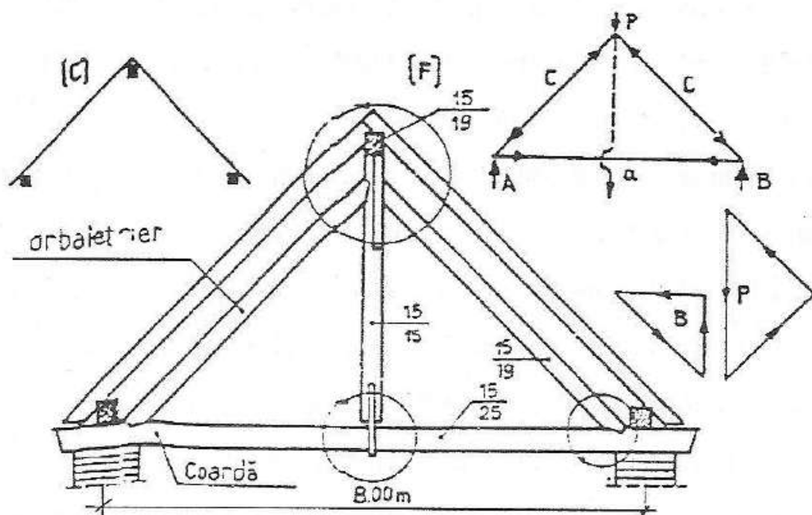


Fig. 10.6. Şarpantă cu macaz simplu.

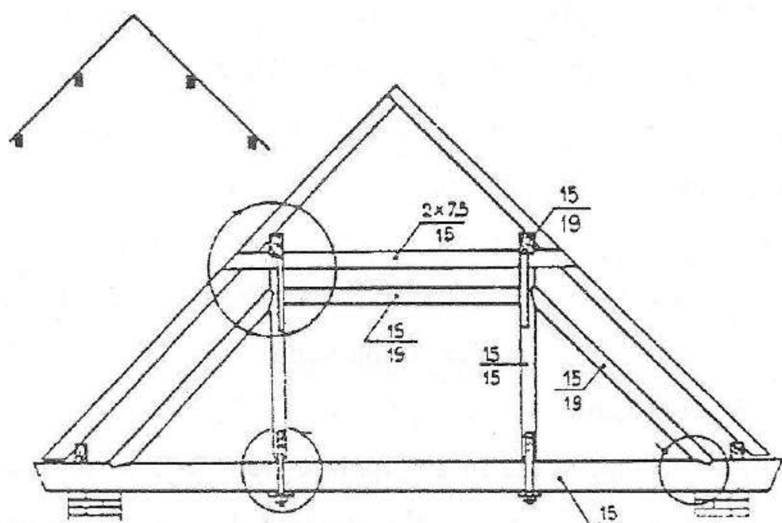


Fig. 10.7. Şarpantă cu macaz dublu.

Șarpantele din lemn ecarisat și rotund se pot folosi atât la clădiri cu pereți longitudinali cât și la clădiri cu pereți transversali.

În principiu, modul de alcătuire a acestor șarpante este similar celor realizate cu lemn ecarisat.

Calculul elementelor se efectuează pe baza principiilor generale de verificare a siguranței construcțiilor, prevăzute în STAS 10100/0-75, prin verificarea comportării corespunzătoare față de stările limită care pot apărea în diferite etape (execuție, exploatare, reparații).

Verificarea se face ținând cont de cele mai defavorabile ipoteze de solicitare și de cele mai defavorabile caracteristici ale materialelor.

La calculul elementelor se iau în considerare următoarele stări limită:

– starea limită ultimă, care corespunde pierderii capacității portante; principalele fenomene care pot conduce la apariția acestora sunt: ruperi de diferite naturi, pierderea stabilității formei sau a poziției, stări care implică ieșirea din lucru a elementului de construcție din cauza deformației remanente excesive;

– stări limită ale exploatării normale, ce corespund întreruperii capacității de asigurare a unei exploatări normale a elementelor constitutive.

Încărcările luate în considerare la dimensionarea elementelor sunt: greutatea proprie, greutatea zăpezii, presiunea vântului și o forță concentrată ce provine din greutatea unui muncitor care lucrează pe acoperiș.

Astereala se calculează la încovoiere, deschiderea de calcul fiind distanța dintre căpriori. În calcul, se ține seama numai de componenta normală, cea tangențială neglijându-se.

Căpriorii se calculează în trei ipoteze, folosindu-se în calculul de dimensionare ipoteza cea mai dezavantajoasă. Deschiderea grinzii este distanța dintre pane.

Căpriorii se pot confecţiona din lemn ecarisat sau din lemn rotund, cu diametrul 10-12 cm. Se confecţionează dintr-o singură bucată sau din mai multe bucăţi, situaţie în care îmbinarea se face prin chertare, în dreptul panelor. Aceştia se dispun după linia de pantă – perpendicular pe coamă –, la distanţa de a = 70-80 cm.

Elementele verticale ale şarpantei se pot realiza din lemn ecarisat 12×12 cm - 15×15 cm sau din lemn rotund cu diametrul de 12-15 cm.

Pentru asigurarea stabilităţii spaţiale a şarpantei sub acţiunea încărcărilor, se prevăd contrafişe şi cleşti, prin intermediul cărora se realizează îmbinările în nodurile fermei.

Îmbinarea între căpriori, pane, popi, talpă şi contrafişe se face prin chertare şi scoabe. Pana de streaşină şi talpa de repartiţie (de sub popi) se ancorează în placă sau centură prin intermediul buloanelor de ancoraj sau al mustăţilor din oţel-beton.

Panele se calculează la încovoiere, admiţând că sunt grinzi simplu rezemate pe popii fermelor. Pana este încărcată cu sarcină concentrată, în dreptul căpriorilor.

Panele din câmp curent, de coamă şi de streaşină se execută din lemn ecarisat (10 × 12 sau 15 × 20 cm).

Deschiderea panelor se consideră egală cu distanţa dintre popi, respectiv ferme, şi variază între 3,5 şi 5 m. Îmbinarea panelor de streaşină se face cap-la-cap, iar a panelor de câmp şi coamă, prin chertare şi buloane de strângere în dreptul reazemelor.

Calculul elementelor şarpantei se face în ipoteza cea mai defavorabilă de încărcare, pentru încărcări de calcul, la starea limită de rezistenţă, şi pentru încărcări normate, la starea limită de deformaţie.

Căpriorul se calculează ca o grindă simplu rezemată sau continuă, cu deschiderea egală cu distanţa dintre pane, în proiecţie pe orizontală.

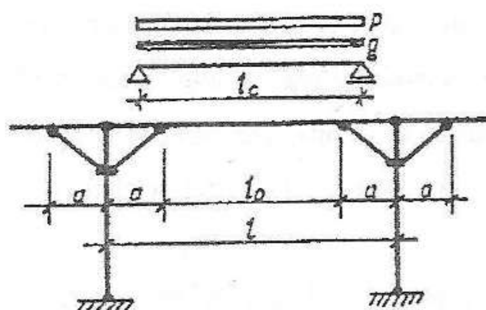


Fig. 10.8. Schema statică și de încărcare pentru calculul panelor.

Determinarea N, M, T se face prin metoda clasică a staticii construcțiilor.

Dimensionarea secțiunii se face pentru M_{max}, în ipoteza cea mai defavorabilă, cu relația:

$$\sigma_{ef} = \frac{M_{max}}{W_{net}} \leq R_i \quad [\text{daN/cm}^2]$$

în care: M_{max} este momentul maxim de calcul;

W_{net} – modulul de rezistență net al secțiunii transversale, în cm^3;

R_i – rezistența de calcul a lemnului la încovoiere, în daN/cm^2.

Rezultă că:

$$W_{nec} = \frac{M_{max}}{R_i} \quad [\text{cm}^3]$$

Verificarea eforturilor unitare se face la M, N, în secțiunea cea mai solicitată, iar modulul de rezistență W, în secțiunea cea mai slăbită.

Pe lângă calculul de rezistență la elementele încovoiate se efectuează și o verificare a rigidității:

$$f_{ef} \leq f_{lim}$$

Valoarea săgeții efective maxime se determină cu relația:

$$f_{ef,\,max.} = \frac{M_{max}}{E_i} = 2\alpha \frac{M_{max}}{W} \cdot \frac{1}{E \cdot h};$$

– la astereală: $f \leq \dfrac{l}{150}$;

– la căpriori şi pane: $f \leq \frac{l}{200}$.

Calculul panelor curente sau de coamă se face la încovoiere oblică, pentru schema de grindă simplu rezemată (fig. 10.8).

Verificarea secţiunii se face în ipoteza cea mai defavorabilă de încărcare, cu relaţia:

$$\sigma_{ef} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq R_i$$

în care: W_x, W_y sunt modulele de rezistenţă ale secţiunii transversale;

M_x, M_y – componentele momentelor încovoietoare corespunzătoare axelor principale x-x şi y-y.

Verificarea săgeţii panelor la încovoiere oblică se face cu relaţia:

$$f_{ef} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2},$$

în care: f_x şi f_y reprezintă valoarea săgeţii, determinată în raport cu x-x şi y-y.

Popii se dimensionează la compresiune cu flambaj pentru efortul N_{max}. Lungimea de flambaj se poate lua egală cu înălţimea efectivă a popilor.

Verificarea efortului unitar normal se face cu relaţia:

$$\sigma_{ef} = \frac{N_{max}}{\psi \cdot A_{br}} \leq R_c$$

în care: N este efortul axial de calcul;

ψ – coeficientul de flambaj;

A_{br} – aria secţiunii transversale brute.

Dimensionarea elementelor secundare ale şarpantei se obţine din considerente de realizare corectă a îmbinării.

Şarpanta cu structură spaţială. O soluţie modernă o constituie şarpanta cu structură spaţială (fig. 10.9 şi 10.10).

Avantajele acestui tip de şarpantă constau în faptul că structura spaţială se realizează numai din trei tipuri de prefabricate care se îmbină în noduri eliminând panele şi contravântuirile.

Acest tip de şarpantă se pretează foarte bine la realizarea acoperişului cu mansardă.

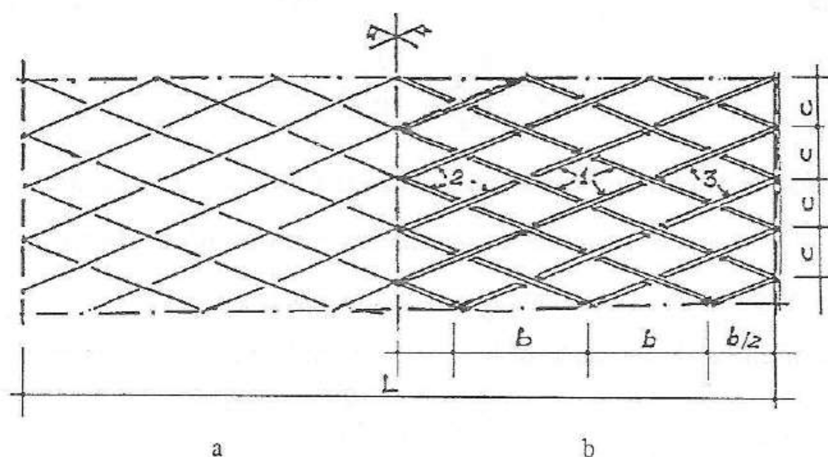


Fig. 10.9. Vedere în planul acoperişului:
a – schema reţelei spaţiale; *b* – tipuri de lamele caracteristice;
1 – curent; *2* – de coamă; *3* – de streaşină.

Calculul foloseşte o metodă aproximativă, constând în separarea unei fâşii cu lăţimea c, egală cu pasul reţelei. Starea de eforturi M, N, T se determină pentru ipoteza cea mai defavorabilă de încărcare, în conformitate cu schema statică (fig. 10.12).

Calculul reţelei lamelare se face la compresiune excentrică, în ipoteza că momentul încovoietor M este preluat numai de lamela continuă în nod, iar efortul axial N este preluat de ambele lamele.

Verificarea eforturilor unitare normale în nodurile reţelei lamelare se face pentru:

$$M = M_0 \sin\beta, \quad N = \frac{N_0}{2} \sin\beta,$$

$$\sigma = \frac{N_0}{2A_n \cdot \sin\beta} + \frac{M_0}{\zeta W_n \sin\beta} \cdot \frac{R_c}{R_i} R_c,$$

unde: N_0 este efort axial, în daN;

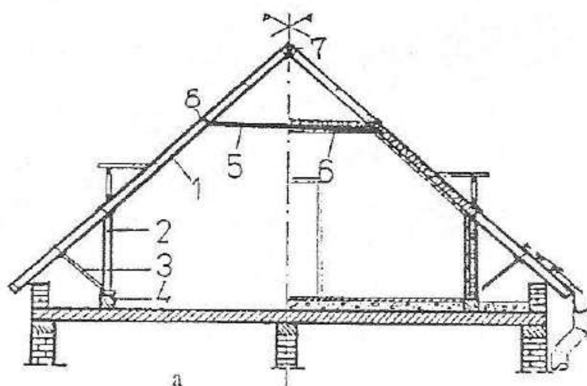
M_0 – momentul încovoietor maxim, în daN/cm^2;

A_n – aria secţiunii transversale nete a lamelei, în cm^2;

β – unghiul dintre axa longitudinală a lamelei şi generatoarea structurii lamelare;

ξ – coeficient care ţine seama de flambaj;

R_c, R_i – rezistenţa de calcul la compresiune, respectiv la încovoiere, în daN/cm^2.



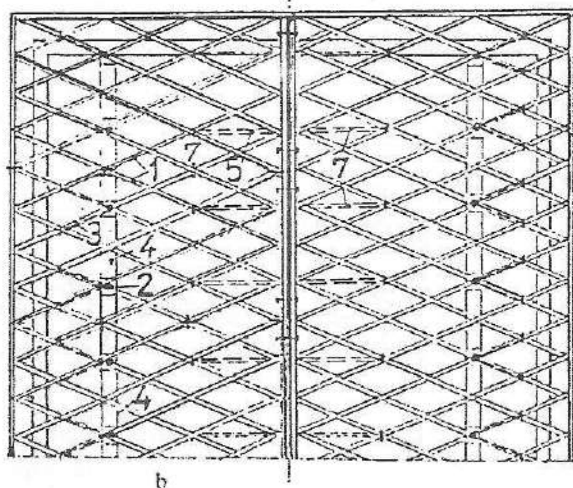
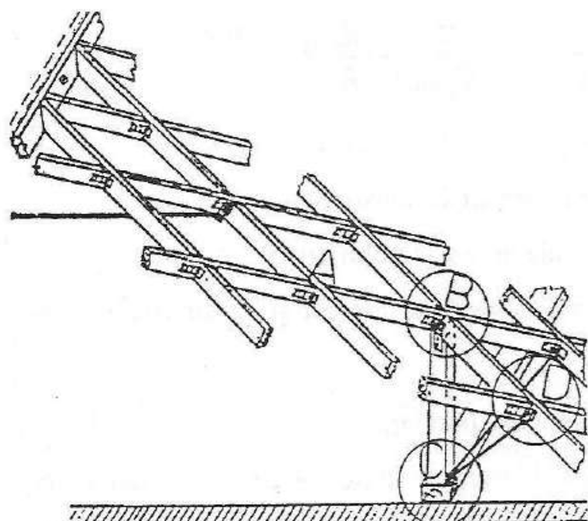


Fig. 10.10. Acoperiş cu structură spaţială din lamele tipizate: *a* – secţiune transversală; *b* – vedere de sus; *1* – reţeaua lamelară; *2* – elemente verticale de susţinere (popi); *3* – elemente de contravântuire; *4* – talpă; *5* – tiranţi; *6* – panouri termoizolante.



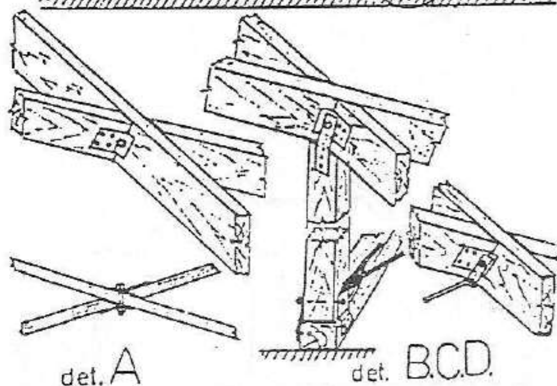


Fig. 10.11. Vedere în perspectivă și detaliile caracteristice ale acoperișului cu structură spațială.

Fig. 10.12. Schemă pentru calculul aproximativ al acoperișului cu structură spațială.

Pentru predimensionare se folosesc relaţiile:

$$\frac{M_{max}}{W_n \sin\beta} \le R_i; \qquad W_n = \frac{M_{max}}{R_i}$$

Având modulul de rezistenţă determinat, se impune grosimea lamelei b şi rezultă înălţimea h. Se recomandă ca $b \ge 3{,}8$ cm.

Calculul montantului transversal şi al elementelor de reazem se face pentru eforturile axiale determinate în ipoteza cea mai defavorabilă de încărcare (simetrică sau nesimetrică).

Îmbinările folosite la acoperişuri şarpante în mod curent sunt cu prag simplu sau cu prag dublu.

Atât prima îmbinare cât şi a doua se folosesc la nodurile şarpantelor.

Îmbinările cu prag simplu trebuie să îndeplinească următoarele exigenţe:

– adâncimea chertării h_c să nu depăşească 1/3 din dimensiunea secţiunii elementului pe direcţia chertării, pentru nodurile de reazem, şi 1/4, pentru, nodurile intermediare. În acelaşi timp se pune condiţia ca $h_c > 2$ cm, în cadrul elementelor din lemn ecarisat, şi 3 cm, pentru cele din lemn rotund. Lungimea planului de forfecare l_f, în cazul îmbinării prin chertare frontală, trebuie să fie: $l_f \ge 10\,h_c$ sau $l_f = 2h$ (d) şi minimum 20 cm.

Secţiunile se verifică:

a) la strivire:

$$\sigma_s = \frac{N_s}{A_s} \le \sigma_{as\alpha}$$

a) la forfecare:

$$\tau = \frac{N_1}{A_f} = \frac{F_f}{A_f} \le \tau_a (R_f^m)$$

unde: N_s, F_f reprezintă efortul normat sau de calcul la strivire, respectiv la forfecare [daN];

A_s, A_f – aria de calcul la strivire, respectiv la forfecare;

$\tau_{as\alpha}(R_{as})$ – rezistența admisibilă a lemnului la strivire, după unghiul α [daN/cm²];

σ_a (R_f^m) – rezistența de calcul a lemnului la forfecare [daN/cm²].

Lipsa de contact perfect la una din suprafețele de strivire nu constituie un pericol din punct de vedere al rezistenței la strivire, deoarece prin deformarea (uneia) până la realizarea contactului corespunzător la cea de a doua, neuniformitatea repartizării efortului se reduce simțitor.

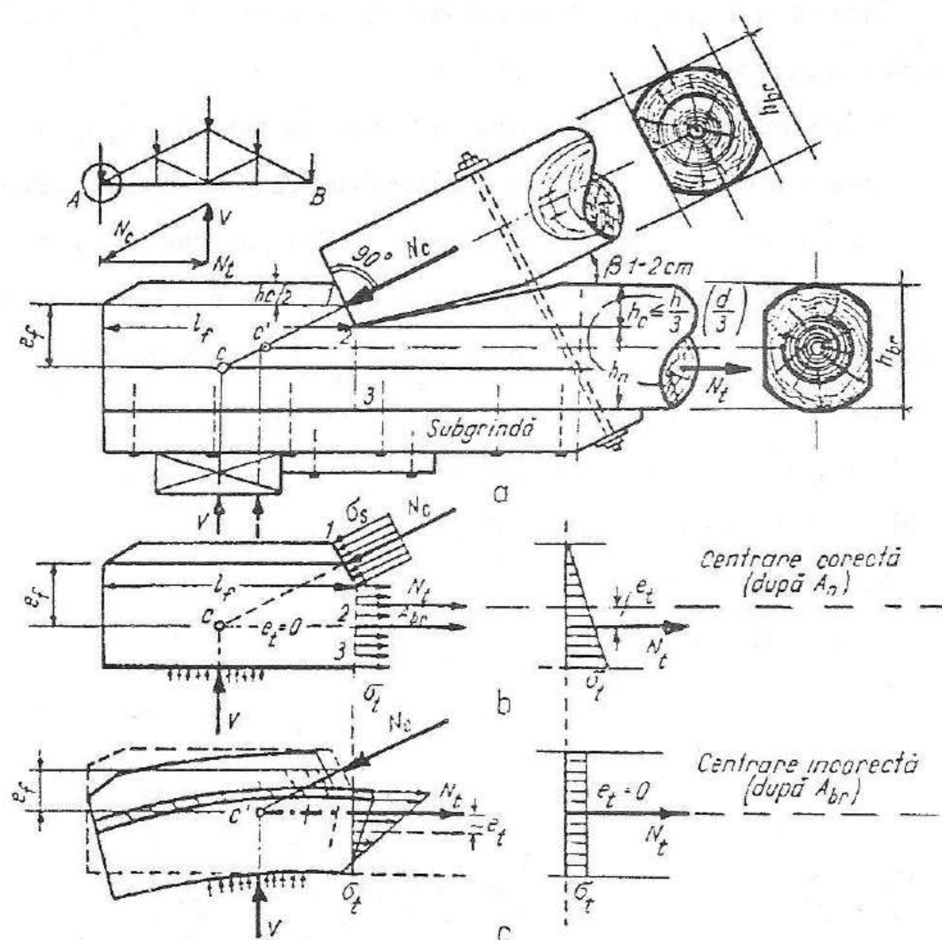


Fig. 10.13. Îmbinare ortogonală cu prag simplu.
Construcția și centrarea nodului de la reazem.

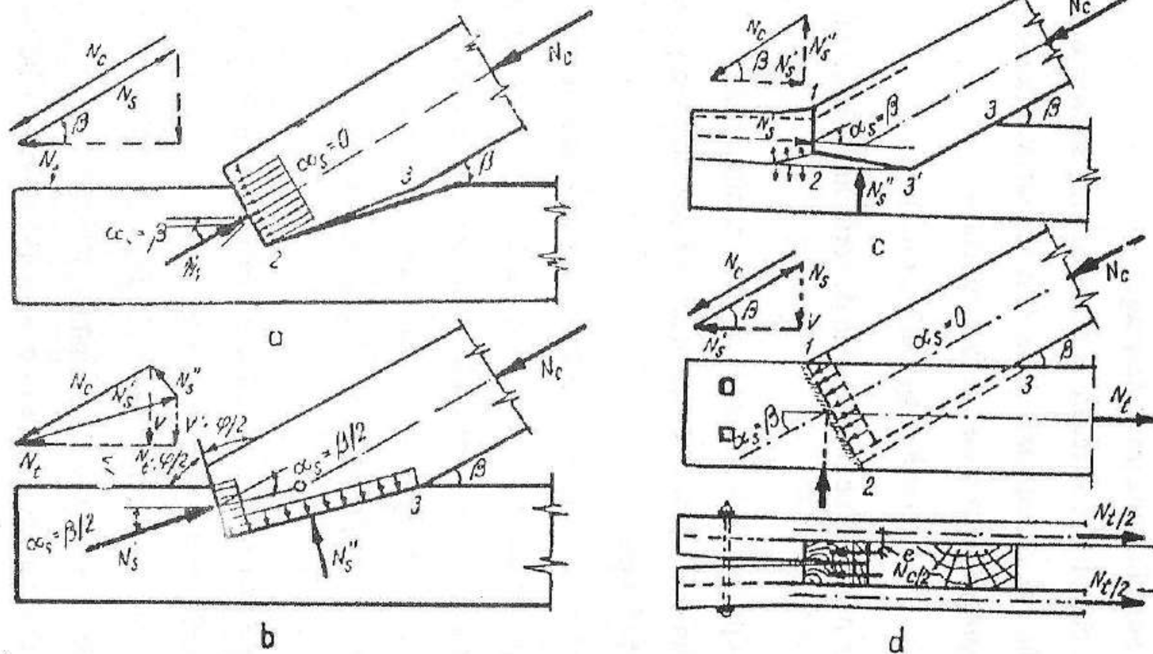


Fig. 10.14. Tipuri de îmbinări prin chertare frontală cu prag simplu:
a – ortogonală; *b* – după bisectoare; *c* – după normala la suprafața de forfecare; *d* – chertare laterală.

Astfel stau lucrurile în cazul solicitării la forfecare a pragurilor. În caz de nerealizare a unui contact corespunzător la cel de-al doilea prag, se poate întâmpla ca forța de forfecare $F_f = N_t$ să acționeze în întregime sau în cea mai mare parte numai asupra primului prag.

De aceea, calculul la forfecare al primului prag se face pentru un efort mai mare decât cel corespunzător de strivire, iar verificarea eforturilor tangențiale din planul de forfecare se face cu relația:

$$\tau_1 = F_{1f}/A_{1f} \leq 0{,}7\ \tau_a\ (R_f^m),$$

în care: F_{1f} este proiecția pe primul plan de forfecare a efortului de strivire N_{1s};

A_{1f} – suprafața de forfecare la nivelul primului prag;

0,7 – un coeficient care ține seama de posibilitatea supraîncărcării primului prag.

În cazul în care contactul suprafețelor de lucru nu se realizează în mod corespunzător pe primul prag, efortul de forfecare $F_f = N_t$ trebuie să fie preluat în întregime de cel de-al doilea prag. Astfel, verificarea celui de-al doilea prag se face la întreg efortul de forfecare $F_f = N_t$. Când calculul se face la stări limită, rezistența de calcul la forfecare se înmulțește cu un coeficient de corecție $k = 1{,}15$.

Din cele de mai sus rezultă că îmbinarea cu prag dublu este indicată numai pentru acele cazuri în care cuvântul hotărâtor îl are strivirea, și nu forfecarea lemnului, adică pentru valori ale unghiului $\beta > 45°$.

Elementele construcțiilor din lemn, îmbinate cu prag simplu sau dublu, trebuie asigurate cu legături de siguranță (șuruburi-buloane, scoabe etc.) în vederea preîntâmpinării unui eventual pericol de cedare a pragurilor. Efortul axial din legătura de siguranță se determină cu formula:

$$N - N_t\ (60° - \beta),$$

în care β este unghiul dintre piesele de îmbinat (v. fig. 10.13 și 10.14).

Îmbinările frontale simple cu trei suprafeţe de rezemare se recomandă să se folosească în cazul fermelor cu deschideri relativ mari (12-18 m), în locul îmbinărilor cu prag simplu sau dublu, care, pe lângă faptul că nu necesită chertarea (slăbirea) elementului întins, se bazează pe folosirea principiului fracţionării (fig. 10.15).

În acest caz, talpa superioară comprimată reazemă cu toată suprafaţa pe un sabot (cupon) din lemn, care transmite componenta verticală direct la reazem (prin intermediul subgrinzii), iar componenta orizontală, tălpii inferioare, prin intermediul unor juguri metalice şi al unor eclise de lemn, fixate la rândul lor cu ajutorul unui număr relativ mare de dornuri şi şuruburi (buloane) rezultate din calcul.

Avantajul principal al acestui sistem de îmbinare constă în aceea că asigură o capacitate portantă şi un grad înalt de siguranţă în exploatare.

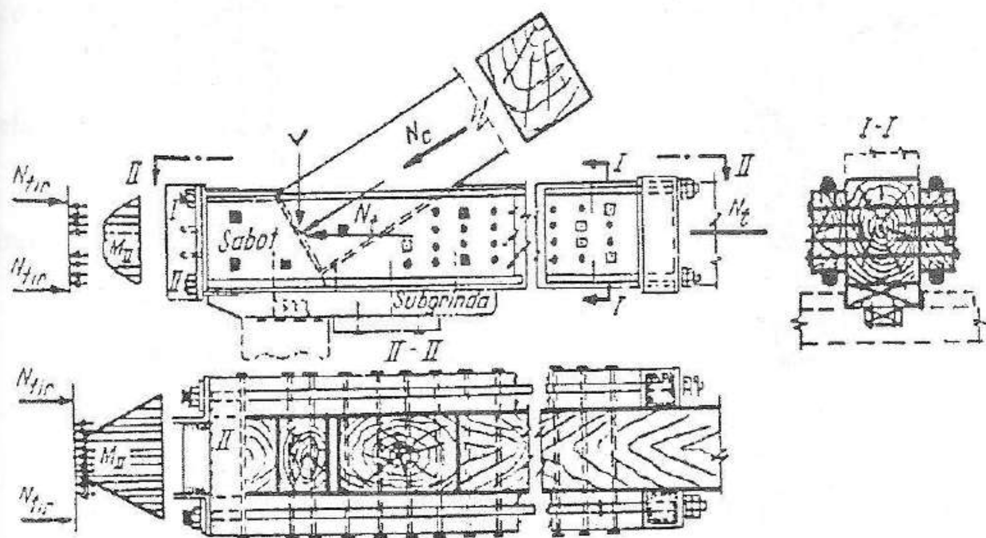


Fig. 10.15. Îmbinare frontală simplă. Construcţia nodului de la reazem.

Calculul unei îmbinări frontale simple se reduce la un calcul de verificare a elementelor îmbinării, ţinând seama de solicitările respective.

Tiranții de oțel se verifică la întindere în secțiunea slăbită (filetată), c
relația:

$$\sigma = N_t/4A_n \leq 0{,}8\sigma_a(R_t)$$

în care: $\sigma_a(R_t)$ este rezistența admisibilă de calcul pentru tiranți de oțel;

0,8 – un coeficient care ține seama de posibilitatea supraîncărcă
unuia dintre tiranți.

Determinarea numărului de legături (tije cilindrice, șuruburi, dornu
se face cu relația:

$$N = N_t/2T_t,$$

în care: T_t este efortul admisibil (de calcul) al tijei cilindrice.

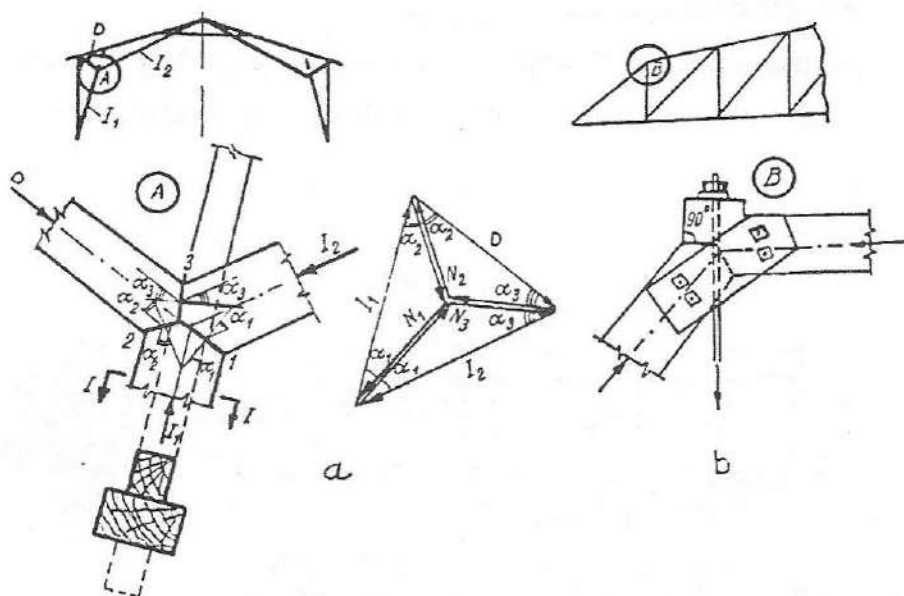


Fig. 10.16. Îmbinare frontală cu trei suprafețe de rezemare:
a – cadru de lemn; *b* – fermă cu talpa superioară frântă.

Verificarea cornierelor verticale și orizontale la încovoiere se face c
relația:

$$\sigma = M/W \leq \sigma_{ai}(R_i),$$

în care: M este momentul încovoietor;

W – modulul de rezistenţă al unui cornier;

$\sigma_{ai}(R_i)$ – rezistenţa admisibilă (de calcul) a oţelului la încovoiere.

Îmbinările frontale cu trei suprafeţe de strivire sunt utilizate în cazul intersecţiei într-un nod, a trei piese comprimate – cazul cadrelor de lemn (fig. 10.16,*a*), precum şi în cazul intersecţiei a două piese comprimate sub un unghi mai mare de 40° (cazul tălpii superioare frânte a fermelor poligonale, fig. 10.16,*b*).

La acest tip de îmbinare este raţional ca suprafeţele de contact să fie realizate după bisectoarea unghiului, obţinând în acest caz o îmbinare de egală rezistenţă la strivire.

Îmbinări cu chertare laterală. Îmbinările prin chertare laterală se folosesc la realizarea nodurilor la fermele triunghiulare executate din scânduri sau dulapi. Acest tip de îmbinare nu este indicat, din cauza unei execuţii complicate şi a unei comportări deficitare (slabe) la forfecare a pragurilor.

Calculul îmbinărilor prin chertarea laterală constă în verificarea eforturilor unitare normale de strivire şi tangenţiale cu relaţiile:

$$\sigma_{sa} = N_c / n_s\, a\, h_s \leq \sigma_{asa}\,(R_s); \quad \tau = N_c \cos\alpha \,/\, n_f l_f h \leq (R_f''),$$

în care: n_s, n_f reprezintă numărul suprafeţelor de strivire, respectiv de forfecare;

a – grosimea unei piese a tălpii superioare;

h_s – lăţimea pieselor tălpii superioare;

h – lăţimea ecliselor.

10.3.2.2. Acoperişuri-terasă

Acoperişurile-terasă fac parte din categoria acoperişurilor calde.

Acoperişurile-terasă se încadrează în categoria acoperişurilor compacte, având în vedere dispunerea succesivă a straturilor componente.

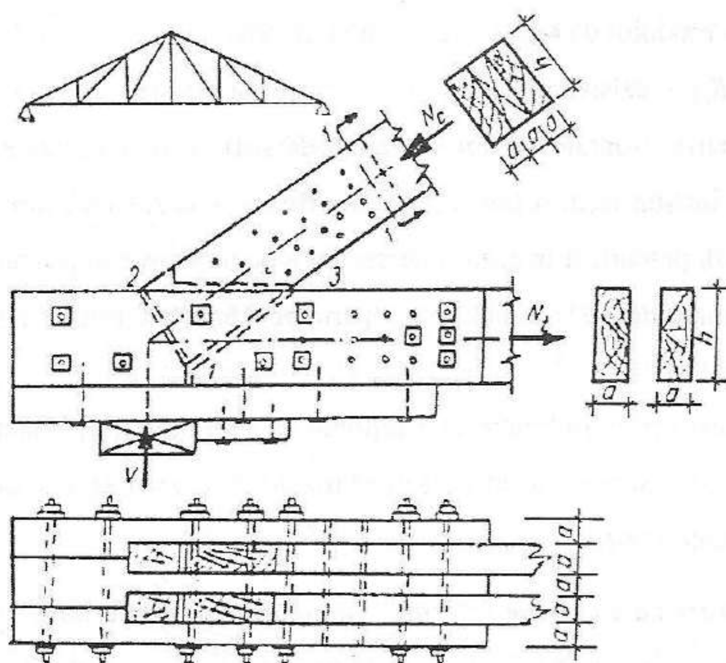


Fig. 10.17. Îmbinare prin chertare laterală pentru o fermă executată din dulapi.

Acoperişurile calde neventilate au în vedere necesitatea asigurării într-un singur element a izolării hidrofuge, termice, precum şi condițiile favorabile de comportare la vapori. Terasa se prezintă ca un element complex, realizat în straturi principale (hidroizolație, termoizolație), precum şi din straturi de susținere şi de protecție a acestora (fig. 10.18).

Stratul suport de rezistență este reprezentat de planşeul peste ultimul nivel, care poate fi orizontal sau în pantă. Stratul de pantă are rolul de a crea pe suprafața terasei planuri înclinate pentru evacuarea apei pluviale.

Barierele contra vaporilor se pot realiza cu bitum aplicat în două straturi, strat de suspensie din bitum filerizat, unul sau două straturi de carton bitumat lipite cu mastic bituminos, folii de polietilenă etc.

Termoizolația se aşază peste bariera de vapori şi poate fi constituită din diferite materiale. După termoizolație, sunt amplasate următoarele straturi:

stratul suport al hidroizolaţiei, stratul de hidroizolaţie, stratul de protecţie a hidroizolaţiei. Calculul higrotermic la transmiterea căldurii şi difuzia vaporilor al acoperişurilor calde, neventilate, se face ca pentru elemente neomogene, cu neomogenitate perpendiculară pe direcţia fluxului termic, luând în considerare condiţiile de microclimat şi condiţiile de mediu exterior.

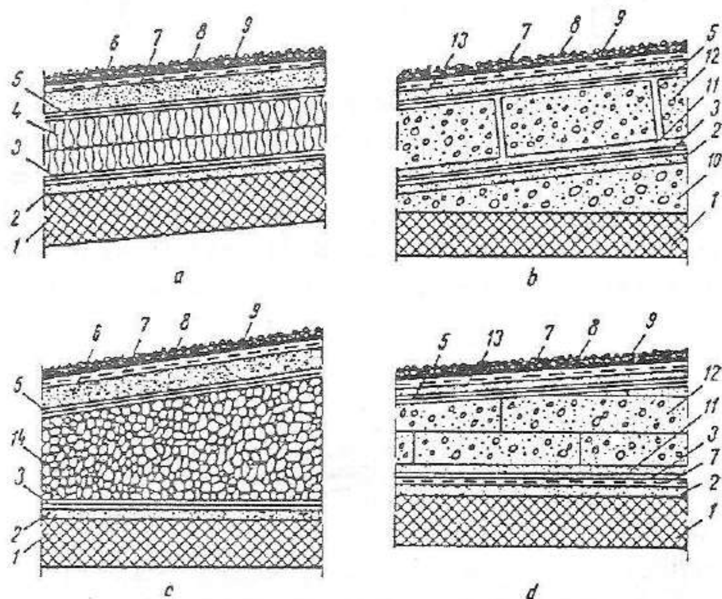


Fig. 10.18. Detalii de acoperişuri-terasă:
a – cu strat suport în pantă; *b* – cu beton de pantă; *c* şi *d* – cu termoizolaţia în grosime variabilă; *1* – strat suport din beton armat monolit sau din elemente prefabricate; *2* – şapă de egalizare; *3* – barieră contra vaporilor; *4* – termoizolaţie din saltele de pâslă minerală; *5* – strat de protecţie din hârtie kraft; *6* – şapă-suport în grosime de 3-4 cm, armată; *7* – strat de difuzie; *8* – hidroizolaţie; *9* – strat de protecţie; *10* – beton de pantă; *11* – strat de nisip de poză; *12* – termoizolaţie din b.c.a.; *13* – şapă suport în grosime de 1,5-2,5 cm; *14* – termoizolaţie din granulit sau zgură.

Acoperişurile calde ventilate au structura prezentată în figurile 10.19 şi 10.20. Se utilizează în situaţia în care umiditatea relativă interioară în încăperi este foarte mare sau materialul termoizolant nu permite apariţia condensului sau ansamblul terasă nu poate îndeplini condiţiile de funcţionare higrotermică eficientă.

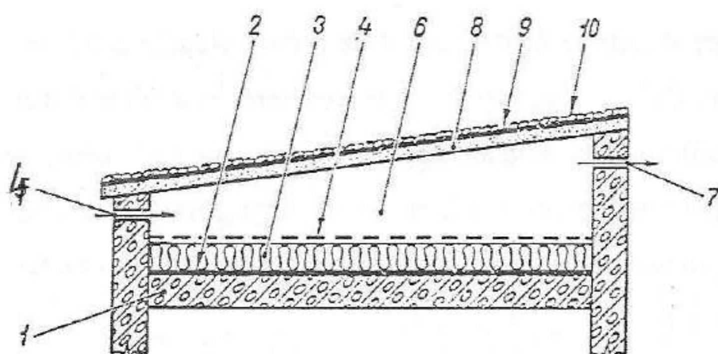


Fig. 10.19. Structura acoperişului cald ventilat:
1 – suport din beton armat; *2* – strat de difuzie, carton perforat sau împâslitură din fibre de sticlă bitumată perforată; *3* – barieră contra vaporilor; *4* – canale de aerare; *5* – termoizolaţie, plăci de beton celular autoclavizat; 6 – şapă de egalizare din mortar de ciment; *7* – strat de difuzie a vaporilor; *8* – hidroizolaţie bituminoasă; *9* – protecţia hidroizolaţiei, pietriş mărgăritar sort 7-16.

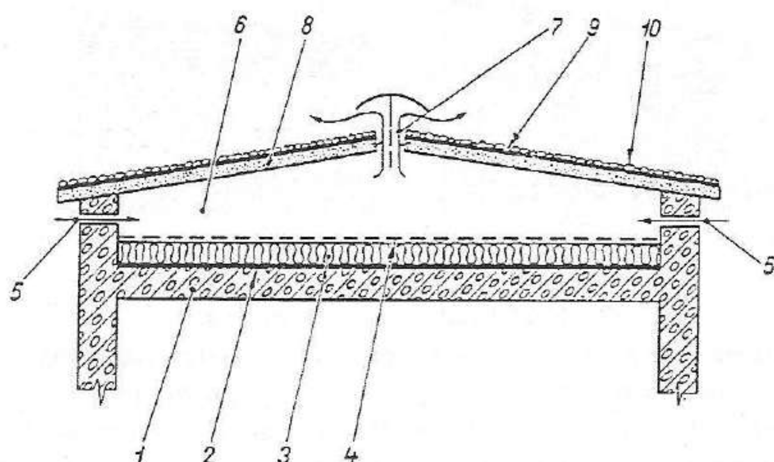


Fig. 10.20. Structura unui acoperiş cald ventilat:
1 – planşeu de rezistenţă; *2* – barieră contra vaporilor; *3* – termoizolaţie; *4* – protecţia termoizolaţiei; *5* – orificii de intrare a aerului; *6* – spaţiu redus ventilat sau pod tehnic ventilat; *7* – orificii de evacuare a aerului; *8* – suportul hidroizolaţiei; *9* – hidroizolaţia din straturi bituminoase; *10* – protecţia hidroizolaţiei.

Acoperişurile cu strat de aer ventilat constituie o soluţie constructivă modernă. De regulă, spaţiile de aer ventilat comunică cu atmosfera prin intermediul unor orificii de admisie şi de evacuare înguste, în care viteza

aerului este mai mare decât secţiunea curentă. Comportarea acestor tipuri de acoperişuri, din punct de vedere higrotermic, este mai favorabilă decât cea a acoperişurilor-terasă neventilate.

În calcule, se consideră regimul termic staţionar, viteza de circulaţie a aerului în acoperiş este constantă, iar stratul de aer este continuu şi orizontal. Aerul care traversează structura este încălzit treptat şi, în consecinţă, are posibilitatea de a acumula o cantitate din ce în ce mai mare de vapori de apă, pe care o antrenează prin orificiile de evacuare.

Procesul de migraţie al apei prin acoperişul ventilat este în funcţie de presiunea parţială a vaporilor de apă şi de permeabilitatea la vaporii de apă.

Soluţia de acoperiş ventilat se adoptă atunci când din calcule higrotermice, efectuate conform STAS 6472/2/3/4- 1973, rezultă că, pentru evitarea condensului interior, ar fi necesare bariere contra vaporilor foarte puternice care sunt neeconomice sau greu de realizat.

Barierele contra vaporilor la structurile ventilate au rolul de micşorare a debitului de vapori care pătrunde în structură, precum şi pentru diminuarea schimbului de căldură cu exteriorul, datorită permeabilităţii mari la aer a unor materiale termoizolatoare uşoare.

Acoperişurile cu canale de aerare în termoizolaţie se realizează prin montarea distanţată a plăcilor inferioare sau prin frezarea din fabrică a unor canale în grosimea termoizolaţiei. Alcătuirea de principiu a unui astfel de acoperiş este următoarea:

– placa suport a învelitorii (beton armat monolit sau prefabricat, cu sau fără beton de pantă, tablă cutată etc);

– strat de difuzie, după caz;

– barieră contra vaporilor;

– termoizolație în două straturi; stratul de jos cu canale de aerare realizate prin distanțarea plăcilor;

– șapă de egalizare din mortar cu aracet, la structurile cu polistiren celular autoclavizat, sau din mortar cu aracet, la structurile cu polistiren celular;

– strat de difuzie;

– hidroizolație din straturi bituminoase;

– protecția hidroizolației.

În figura 10.21 este prezentată componența unei astfel de terase.

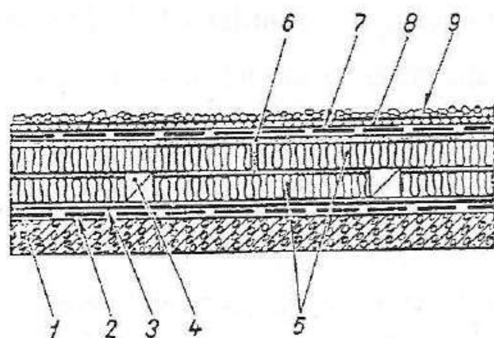


Fig. 10.21. Alcătuirea unui acoperiș-terasă.

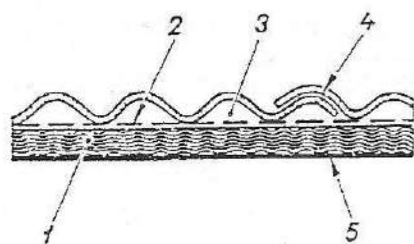


Fig. 10.22. Detaliu de acoperiș cu canale de aerare:
1 – plăci autoportante din vată minerală; *2* – hârtie kraft; *3* – canale de aerare; *4* – plăci ondulate din azbociment cu ondule mari; *5* – barieră contra vaporilor, din folie de PVC cașerată din fabricație.

Acoperișurile cu canale de aerare în învelitoare se realizează prin folosirea unor învelitori ondulate sau cutate, având următoarea alcătuire;

– barieră contra vaporilor;

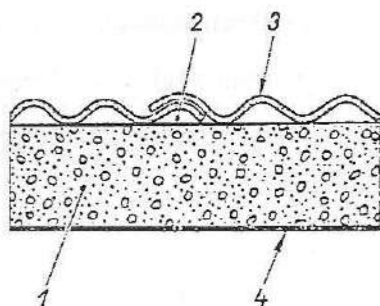
– termoizolație autoportantă;

– evantual hârtie kraft pentru limitarea schimbului de căldură datorită permeabilității la aer a termoizolației;

– învelitoare din plăci ondulate sau cutate.

Acoperișurile reci, în două straturi, pot fi cu spațiu de ventilare redus sau cu spațiu de ventilare mare.

Fig. 10.23. Detaliu de acoperiş cu canale de aerare: *1* – fâşii armate din beton celular autoclavizat; *2* – canale de aerare; *3* – plăci ondulate din azbociment cu ondule mari; *4* – barieră contra vaporilor din pelicule sau folii de mase plastice.



10.3.3. Lucrări accesorii la acoperiş

Datorită funcţiunilor complexe, acoperişurile implică o serie de lucrări accesorii menite să asigure:

– colectarea şi scurgerea apelor la nivelul cotei zero a clădirii (jgheaburi şi burlane);

– contactul liber cu suprafaţa aflată sub învelitoare (strat de difuzie, spaţiu de ventilare interioară);

– protecţia acoperişului pe contur (atic, cornişă, streaşină).

De rezolvarea corectă a acestor lucrări accesorii depinde întreaga comportare a acoperişului, uneori chiar a construcţiei.

Jgheaburi şi burlane. Jgheaburile şi burlanele completează lucrările de învelitori, permiţând colectarea apelor şi dirijarea lor până la nivelul terenului. Proiectarea jgheaburilor şi a burlanelor se face în funcţie de secţiunile active, care trebuie să corespundă debitelor maxime, şi de riscul înfundării acestora.

Dacă notăm suprafaţa de acoperiş A care poate fi deservită de un jgheab cu secţiune semicirculară, în funcţie de panta jgheabului şi de intensitatea ploii:

$$A = \frac{1{,}8a}{I}\sqrt{\frac{a \cdot P}{p}}$$

unde: A este secţiunea utilă a jgheabului, în cm^2, care trebuie să fie de minimum 60 cm^2;

I – intensitatea maximă a ploii (3 mm/min);

p – panta jgheabului (*min* 0,5%);

P – perimetrul udat al jgheabului.

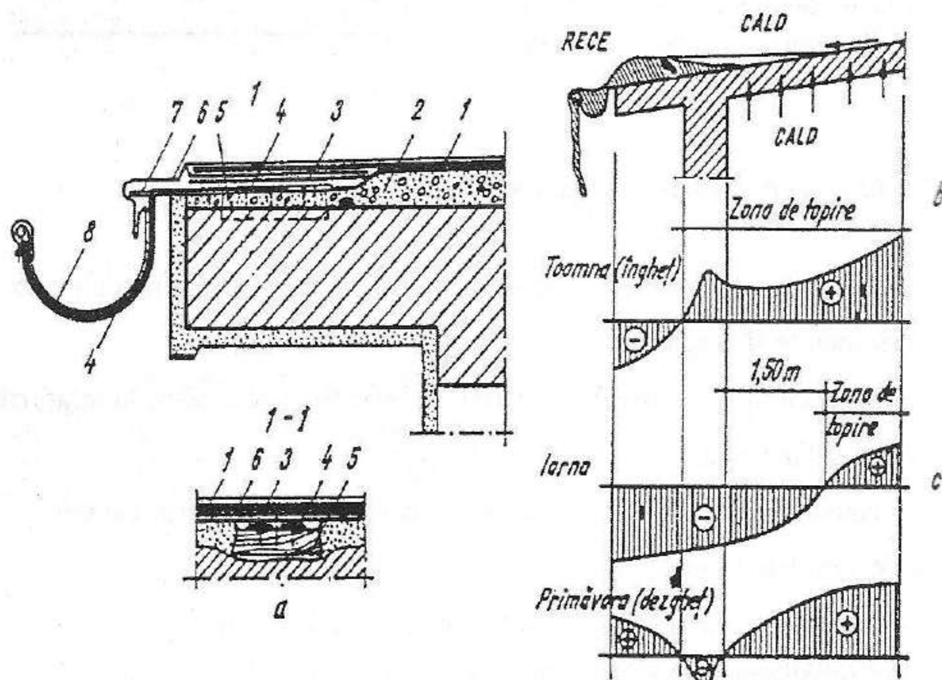


Fig. 10.24. Condițiile de funcționare a jgheaburilor în timpul anului: *a* – detaliu de jgheab și de fixare pe streașină; *b* – apariția fenomenului de înfundare a jgheabului cu dopuri de gheață și țurțuri; *c* – diagrame de temperatură în cursul anului, pe porțiunea perimetrală acoperișului; *1* – învelitoare bituminoasă; *2* – strat suport al învelitorii; *3* – fâșie suplimentară de carton sub șorțul din tablă; *4* – cârlig din oțel lat, amplasat la 70 cm distanță; *5* – diblu de lemn; *6* – șorț din tablă; *7* – agrafă din tablă zincată; *8* – jgheab.

În cazul utilizării jgheaburilor de formă dreptunghiulară, cu aceleași caracteristici de calcul, suprafața deservită este cu 10% mai mare decât cea obținută prin calcul pentru jgheaburi semicirculare.

Burlanele se realizează sub formă de tuburi, cu porțiuni verticale, înclinate, aparent sau mascat.

Secţiunea burlanelor se stabileşte în funcţie de suprafaţa de acoperiş pe care o deservesc (A_{max}):

$$A_{max} = \frac{0,323 \cdot A}{I}\sqrt{2gh}$$

unde: A este aria secţiunii burlanului;

I – intensitatea ploii, în mm/min;

g – acceleraţia gravitaţională;

h – înălţimea secţiunii transversale a jgheabului, în cm.

Jgheaburile şi burlanele se alcătuiesc pentru a rezista la acţiunile combinate ale apei, gheţii şi zăpezilor care alunecă de pe acoperiş; ele trebuie să fie estetice, durabile şi accesibile pentru verificări şi reparaţii periodice.

Funcţionarea corectă a jgheaburilor şi burlanelor implică şi alte precauţii; astfel, trebuie să se adopte soluţii care să evite blocarea secţiunilor de scurgere prin îngheţ, formarea de ţurţuri de gheaţă etc., care sunt frecvente mai ales la acoperişurile calde, deoarece sunt mai reci decât suprafaţa de acoperiş de pe care preiau apele.

11.11. Structuri din zidărie

11.11.1. Elemente generale. Clasificare

Clădirile cu structura din pereți portanți de zidărie reprezintă o variantă tradițională de realizare a construcțiilor. În prezent, soluția este aplicată pe scară largă. Dintre avantajele pe care le prezintă, cele mai importante sunt:

– condiții ridicate de confort higrotermic (pericol redus de apariția condensului la pereții exteriori) și acustic;

– posibilități largi de realizare a clădirilor în plan și de tratare arhitecturală a fațadelor;

– procurarea ușoară a materialelor de bază și posibilitatea de execuție cu mijloace simple etc.;

Principalele neajunsuri ale clădirilor cu pereți portanți din zidărie constau în:

– posibilități restrânse de industrializare;

– capacitate portantă redusă la acțiunea încărcărilor laterale din cutremure;

– durata mare de execuție etc.

Interesul pentru clădiri cu structura din zidărie este justificat și prin apariția unor sisteme structurale noi, în care zidăria este armată în rosturile orizontale, întărită cu sâmburi și centuri din beton armat, armată cu grile polimerice de înaltă densitate și rezistentă prin inserția grilelor în asize sau în tencuială, obținându-se pereți structurali de tip diafragmă, cu ductilitate corespunzătoare.

Structurile realizate din zidărie se clasifică:

• după natura materialelor, în:

– zidării din piatră naturală;

– zidării din produse artificiale;

• după modul de alcătuire, în:

– zidării simple (nearmate);

– zidării confinate (prevăzute cu sâmburi și centuri);

– zidării confinate și armate în rosturile orizontale;

– zidării cu inimă armată.

După modul de dispunere a pereților structurali din zidărie, structurile pot fi:

– structuri cu pereți deși, tip fagure, cu înălțime de nivel sub 3,2 m, distanța maximă dintre pereți fiind de 5 m, iar aria delimitată, de *max* 25 m^2, (se utilizează la clădiri de locuit și administrative);

– structuri cu pereți rari, tip celular, cu înălțimea de nivel sub 4 m, la care distanța dintre pereții structurali este de *max* 9 m, iar aria delimitată este $\leq$ 75 m^2 (Se utilizează la clădiri social-culturale);

– structuri tip sală, la care distanțele între pereții structurali sunt de *max.* 18 m, iar înălțimea unui nivel, de *max.* 9 m.

Planșeele intermediare parțiale ale construcțiilor tip sală vor avea structură verticală proprie, independentă de structura care susține acoperișul construcției principale.

După natura solicitărilor, la structurile din zidărie se pot întâlni:

– elemente solicitate la compresiune centrică sau excentrică, datorită încărcărilor gravitaționale;

– elemente utilizate la acoperirea deschiderilor (arce, bolți, cupole);

– elemente supuse unor acțiuni mecanice speciale (de exemplu, ziduri de subsol);

– elemente supuse altor tipuri de solicitări rezultate din acțiuni fizice (termice sau chimice ale mediului).

După poziția lor în construcție, zidăriile se clasifică în:

– ziduri portante în infrastructură;

– pereți în elevație (pereți exteriori, interiori, pereți-timpane, pereți-calcan, atice etc.).

Ca elemente orizontale din zidărie se pot întâlni:

– radiere;

– planșee între etaje;

– arcul butant, element al stilului gotic, care transmite la teren, prin intermediul coloanelor, împingerile orizontale rezultate din acțiunea vântului, zăpezii etc.

Structurile din zidărie se pot realiza cu diverse forme, acestea separându-se prin rosturi antiseismice, rosturi de tasare sau de dilatație.

Ca urmare a capacității reduse de preluare a încărcărilor orizontale, zidăria se prevede cu sâmburi și centuri.

Centurile au următoarele roluri:

– transmit direct încărcările gravitaționale de la planșeele clădirii la zidurile portante;

– preiau eforturile de întindere sau compresiune ce apar în șaiba orizontală datorită forțelor seismice.

Centurile se prevăd la nivelul fiecărui planșeu și, de asemenea, în poziții intermediare, la construcții etajate cu pereți rari și la structurile tip sală. Centurile se prevăd continue pe lungimea unui perete, alcătuind contururi închise. Lățimea minimă a centurii va fi de 25 cm, iar înălțimea minimă, de 20 cm.

Stâlpișorii se realizează după executarea zidăriei și montarea armăturilor. Secțiunea se stabilește prin calcul, ținând seama de încărcările verticale și ale forțelor seismice de proiectare. Stâlpișorii și centurile se prevăd la exterior cu termoizolație, pentru evitarea punților termice. Stâlpișorii se prevăd la capetele fiecărui perete, la ambele părți ale unui gol cu o suprafață de peste 1,5 m^2, la colțurile de pe conturul construcției, în lungul peretelui astfel ca distanța dintre aceștia să nu depășească 4 m, la intersecțiile

pereților, dacă cel mai apropiat stâlpișor dispus după regulile de mai sus, se află la o distanță mai mare de 1,5 m. Stâlpișorii se execută pe toată înălțimea clădirii, iar latura minimă a acestora este de 25 cm. Procentul minim de armare este de 1%, pentru zone seismice cu $a_g \geq 0,20g$, și 0,8% pentru zone seismice cu $0,16g \geq a_g \geq 0,08g$.

Ochiurile din zidărie încadrate între sâmburi și centuri vor avea următoarele suprafețe maxime:

- 12 m^2 – grad seismic 8;
- 18 m^2 – grad seismic 7;
- 24 m^2 – grad seismic 6.

La clădiri cu $H > 9$ m (P + 2,3 E), proiectate pentru zone seismice caracterizate cu $a_g \geq 0,20g$, se vor prevedea buiandrugi din beton armat monolit, spre deosebire de celelalte situații, în care se admit buiandrugi din beton prefabricat. Lungimea de rezemare a buiandrugilor va fi de 25 cm minimum, iar pentru zone cu grad seismic caracterizate cu $a_g \geq 0,20g$, se va spori această lățime de reazem.

Armarea buiandrugilor se face pe bază de calcul de rezistență, luând în considerare solicitarea simultană a acțiunii gravitaționale și orizontale.

Deoarece zidăriile sunt alcătuite din blocuri și mortar, elemente care lucrează favorabil la compresiune și defavorabil la întindere, solicitările la care zidăria rezistă în condiții bune sunt: compresiune centrică și compresiune excentrică cu excentricitate mică.

11.11.2. Proprietățile zidăriei

Zidăriile sunt materiale compozite ale căror proprietăți depind de proprietățile materialelor constitutive și de interacțiunea lor, astfel încât produsul final are proprietăți diferite de cele ale materialelor componente. Rezistența

caracteristică la compresiune a corpurilor din zidărie se determină conform codului de proiectare a structurilor din zidărie, având valorile minime prescrise în P100/1/2006 paragraful 8.2.1.2. În mod similar, calitățile mortarului vor trebui să satisfacă prevederile paragrafului 8.2.2. din normativul P100/1/2006.

În timpul solicitării structurilor din zidărie (pereți, stâlpi) la compresiune axială se pot constata patru stadii de lucru, delimitate în funcție de valoarea eforturilor reale, efective. În primul stadiu, $N < N_{fis}$ (fig. 11.13) zidăria nu prezintă fisuri. În al doilea stadiu, $N = N_{fis}$, apar primele fisuri la unele cărămizi, datorate eforturilor de întindere, încovoiere și forfecare. Valoarea încărcării N_{fis} depinde de proprietățile mecanice și de deformabilitatea celor două materiale compozite, ca de altfel și de tehnologia de execuție. Fragilitatea zidăriei crește odată cu creșterea rigidității mortarului și a dimensiunii blocurilor de piatră.

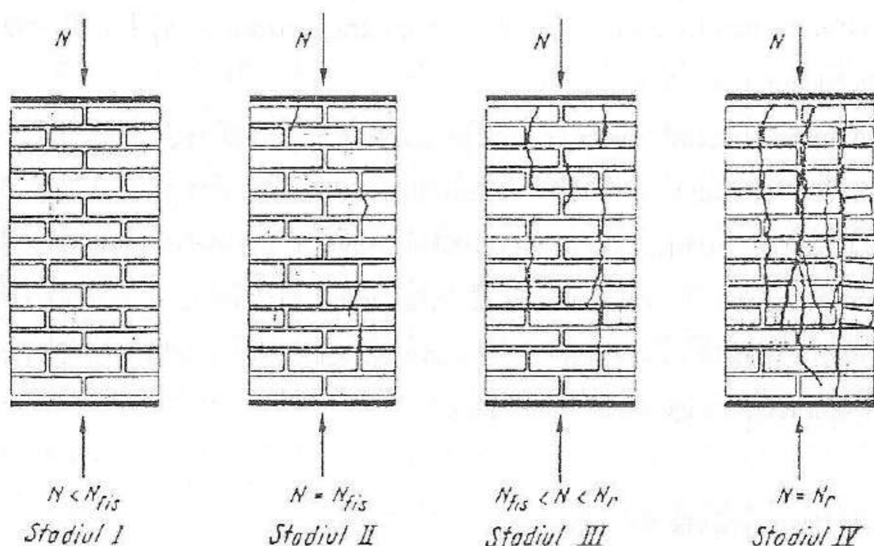


Fig. 11.13. Stadiile de lucru ale zidăriei comprimate centric.

Apariția unor fisuri în structuri constituie un semnal, fiind necesară urmărirea comportării în timp sub acțiunea încărcărilor.

În al treilea stadiu, distrugerea zidăriei are loc din cauza dezvoltării tensiunilor de întindere și forfecare în cărămizi și a flambajului elementelor zvelte din zidărie. Începutul celui de-al patrulea stadiu – considerat ca stadiu de avariere – se caracterizează prin deschiderea continuă a fisurilor, chiar dacă încărcarea rămâne constantă.

Se prezintă cele patru stadii de lucru ale zidăriei:

$N < N_{fis}$; $N < N_{rup}$;

$N = N_{fis}$; $N = N_{rup}$.

Factorii care influențează rezistența la rupere a zidăriei sunt:

– rezistența și tipul pietrei;

– rezistența și tipul mortarului;

– vârsta zidăriei și durata de încărcare;

– influența grosimii rosturilor orizontale și a formei pietrei de zidărie;

– influența lucrabilității mortarului;

– influența tehnologiei de execuție.

În funcție de direcția de acțiune a forței în raport cu rosturile zidăriei, se pot deosebi:

– rezistența la întindere normală, când forța acționează normal pe suprafața rostului;

– rezistența la forfecare pură, când forța acționează în planul rostului.

– aderența din încovoiere, rezistența la întindere din încovoiere.

11.11.3. Elemente privind calculul secțiunilor de zidărie la construcții existente

Calculul elementelor din zidărie la construcții existente se face prin verificarea la stări limită astfel:

– starea limită ultimă de rezistență, de stabilitate;

– stări limită ale exploatării normale, determinate de fisurarea elementelor.

Parametrii de calcul ai zidăriei sunt:

– rezistența la compresiune R_c;

– rezistența de calcul a zidăriei la forfecare R_f (0,03-0,16 N/mm^2);

– rezistența la întindere din încovoiere R_t (0,02-0,11 N/mm^2);

– valorile coeficientului m al condițiilor de lucru;

– valorile modulului de elasticitate E.

Caracteristicile de calcul ale zidăriei sunt:

– de rezistență:

R – solicitări de compresiune;

R_f – solicitări de forfecare;

R_{ti} – solicitări de întindere din încovoiere;

R_p – solicitări la eforturi principale de întindere.

– de deformare:

E – modul de elasticitate longitudinală (Young);

G – modul de elasticitate transversală;

μ – coeficient de contracție transversală (Poisson);

ε_l – deformație specifică la compresiune axială;

ε_c – deformație specifică de contracție;

ε_{cl} – curgere lentă;

γ – deformație specifică la lunecare.

Calculul elementelor de zidărie se face conform STAS 10100/0-75, prin verificarea comportării corespunzătoare față de stările limită. Verificarea se face ținând seama de cele mai defavorabile condiții de solicitare, de cele mai defavorabile caracteristici ale materialelor.

În calculul zidăriei se iau în considerare următoarele stări limită:

- stări limită ultime:

– rezistență (rupere, cu consumarea unor deformații plastice);

– stabilitate;

• stări limită ale exploatării normale determinate de fisurarea elementelor (fisurare și deformație).

Solicitarea elementelor de construcție din zidărie se determină în ipoteza corpurilor elastice, considerând caracteristicile de elasticitate ale zidăriei. Repartizarea eforturilor de compresiune în planul pereților de zidărie se consideră în limitele a două trepte, înclinate cu 30°.

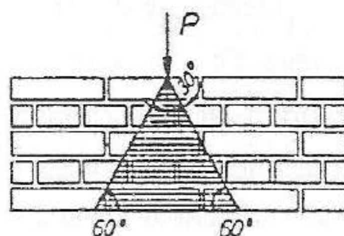


Fig. 11.14. Repartiția eforturilor de compresiune în planul pereților din zidărie.

Valorile coeficienților condițiilor de lucru m în calculul la starea limită ultimă sunt următoarele:

– pentru A (aria) $\geq 0{,}3\ \text{m}^2$: $m = 1$;

– pentru $A < 0{,}3\ \text{m}^2$: $m = 0{,}85$.

Pentru rezistența de calcul la întindere din încovoiere, forfecare, $m = 0{,}75$.

Valorile modulului de elasticitate E sunt:

$E = 0{,}8R\alpha \cdot K$, pentru calculul deformațiilor la sisteme static nedeterminate;

$E = 0{,}8R\alpha \cdot K$, pentru calculul deformațiilor zidăriei solicitate la încărcări repetate și pentru stabilirea perioadei proprii de vibrație,

unde: R este rezistența de calcul la compresiune a zidăriei;

α – caracteristica de elasticitate a zidăriei ($\alpha = 1000$ pentru zid, $\alpha = 700$ pentru BCA);

K – coeficient în funcție de tipul zidăriei, conform STAS 1013-1982, tabelul 8.

Pentru clădiri realizate din zidărie complexă, modulul de deformație longitudinală este:

$$E_c = \frac{EI_z + E_b.I_b}{I_z + I_b}$$

Modulul de deformație transversală se calculează astfel:

$$G = 0{,}4.E$$

Elementele din zidărie se verifică la starea limită de rezistență și de fisurare, fie prin compararea solicitărilor de calcul cu capacitatea portantă, fie prin compararea eforturilor unitare cu rezistențele de calcul. Calculul se face pentru fiecare nivel în parte sau pentru nivelul de bază. Modelul de calcul structural trebuie să reprezinte în mod adecvat proprietățile de rigiditate ale întregului sistem structural.

Compresiunea centrică este:

$$N \leq \varphi.R.A$$

unde: φ este coeficient de flambaj;

R – rezistența de calcul la compresiune;

A – aria secțiunii transversale.

Elementele de zidărie simplă solicitate la compresiune excentrică se consideră că lucrează cu excentricitate mică, când $l \leq 0{,}45\ y$, și se calculează cu relația:

$$N \leq \varphi \cdot R \cdot A\psi$$

în care: φ este coeficient de reducere a capacității portante, în funcție de forma secțiunii transversale (tabelul 15, STAS 10109/1 - 82);

ψ – coeficient de flambaj în funcție de β și λ, unde $\beta = \frac{l_f}{7}; \lambda = \frac{l_f}{i}$ (tabelul 12, STAS 10109/1 - 82).

Lungimea de flambaj l_f se stabilește în funcție de rigiditatea legăturilor elementelor din zidărie, astfel:

- pentru stâlpi și pereți cu $L > 2H$:

– pentru capătul superior fix, $l_f = H$;

– pentru capătul superior deplasabil, $l_f = 1{,}5H$;

– pentru capătul superior liber, $l_f = 2H$,

unde H este distanța pe verticală între două planșee succesive;

• în cazul pereților plini sau cu slăbiri datorate golurilor, cu $L > 2H$ și cu legături pe contur, se ține seama de sporirea rigidității, reducându-se lungimea de flambaj prin multiplicare cu un coeficient φ în funcție de H/L și de numărul legăturilor.

Elementele de zidărie simplă solicitate la compresiune excentrică se consideră că lucrează cu excentricitate mare când:

$$0{,}9\, y \geq e_0 > 0{,}45\, y$$

și se calculează cu relația:

$$N \geq \varphi_1 RA \cdot \psi$$

în care: $\varphi_1 = \dfrac{\varphi + \varphi_c}{2}$ este coeficient de flambaj corectat, ținând seama de fisurarea secțiunii elementelor solicitate la compresiune excentrică cu excentricitate mare;

φ – coeficientul de flambaj corespunzător întregii secțiuni a elementelor solicitate la compresiune excentrică;

φ_c – coeficient de flambaj al zonei comprimate a secțiunii elementelor solicitate la compresiune excentrică cu excentricitate mare (conform tabelului 12, STAS 10109/1 - 82);

ψ – coeficient de reducere a capacității portante a elementelor comprimate excentric.

Aria zonei comprimate este:

$$A_c = A\left(1 - 2\frac{e_0}{h}\right)$$

Elementele de zidărie solicitate la strivire se calculează cu relația:

$$N_{str} \leq \mu R_{str} \cdot A_{str}$$

în care: μ = 1 este coeficient de formă al diagramei presiunilor;

R_{str} – rezistența de calcul a zidăriei solicitate la strivire:

$$R_{str} = R^3\sqrt{\frac{A_c}{A_{str}}} \leq 2R$$

A_c – aria suprafeței convenționale de calcul la strivire;

R – rezistența de calcul la compresiune a zidăriei.

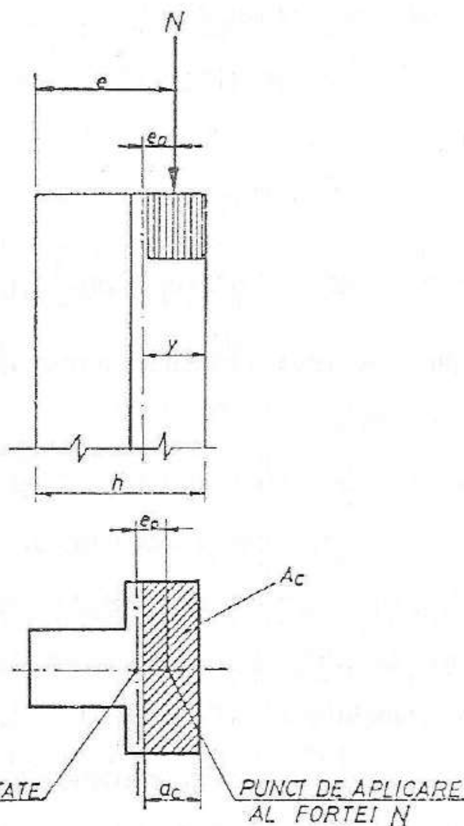


Fig. 11.15. Aria zonei comprimate.

Calculul încastrării în zidărie a grinzilor în consolă. Forța tăietoare se calculează cu relația:

$$Q = \frac{R_{str} \cdot a \cdot b}{\frac{6e_0}{a} + 1}$$

în care: a este adâncimea de încastrare a grinzii în zidărie;

b – lățimea grinzii;

e_0 – excentricitatea rezultantei Q în raport cu mijlocul adâncimii de încastrare:

$$e_0 = c + \frac{a}{2}$$

unde: c este distanța de la aplicația Q la marginea peretelui.

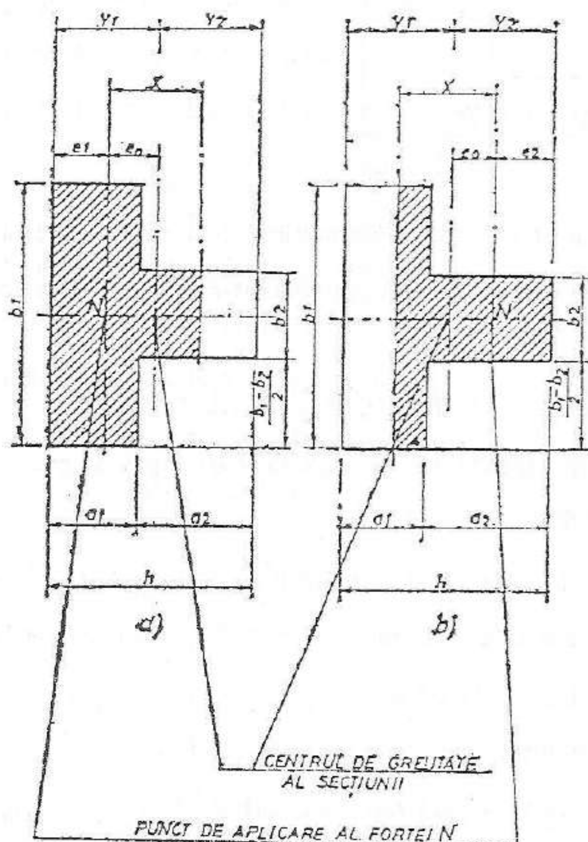


Fig. 11.16. Secțiuni comprimate.

Adâncimea de încastrare a se determină astfel:

$$a = \frac{2Q \cdot y}{b \cdot R_{str}}$$

unde: $y = 1 + \sqrt{1 + 1{,}5\frac{R_{str} \cdot b \cdot c}{Q}}$

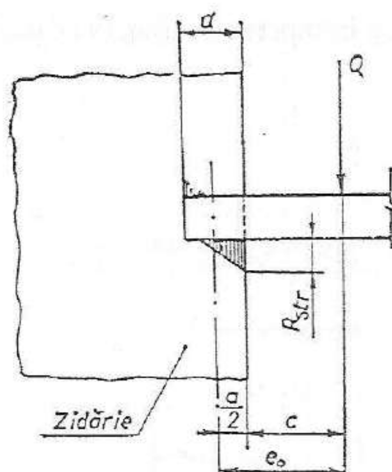


Fig. 11.17. Încastrarea în zidărie a grinzilor în consolă.

La construcţii existente, elementele de zidărie solicitate la forfecare, forţa tăietoare de calcul Q fiind aplicată de-a lungul rosturilor orizontale, se calculează astfel:

$$Q \leq (R_f + 0{,}80 \cdot f \cdot \sigma_c)\, A_c \leq R_f \cdot A_c$$

unde: R_f este rezistenţa de calcul la forfecare a zidăriei (tabelul 5, STAS 10109/1-82);

σ_c – efortul unitar mediu de compresiune, egal cu N/A;

f – coeficient de frecare, egal cu 0,7, pentru solicitări statice, şi 0,5, pentru solicitări dinamice;

A_c – aria secţiunii nete comprimate a zidăriei;

$R_f + 0{,}8 \cdot f \cdot \sigma_c$ – rezistenţa de calcul, transformată, la forfecare a zidăriei, ţinând seama de frecare.

Elementele de zidărie solicitate la încovoiere simplă se calculează astfel:

$$M \leq W \cdot R_{ii}$$

unde: M este momentul încovoietor din secţiune;

W – modulul de rezistenţă al secţiunii;

R_{ii} – rezistenţa de calcul la întindere din încovoiere (tabelele 5 şi 6, STAS 10109/1/82).

Calculul elementelor la apariția și deschiderea fisurilor sau al rosturilor se face în următoarele cazuri:

– elemente din zidărie simplă solicitate la compresiune excentrică cu excentricitate mare:

$$e_{lim} \leq e_0 \leq 0{,}9y$$

unde: $e_{lim} = 0{,}6y$, pentru grupări fundamentale;

$e_{lim} = 0{,}7y$, pentru grupări speciale.

Capacitatea de rezistență la compresiune excentrică se calculează astfel:

$$T_{CM} = \frac{M_Z}{Z} = \frac{1{,}25 \cdot R \cdot S_c}{Z},$$

unde: Z este distanța pe verticală de la secțiunea de calcul la punctul de aplicație al forțelor orizontale care acționează asupra nivelului;

S_c – momentul static al zonei comprimate:

$$S_c = A_c \cdot e_0$$

aria comprimată A_c fiind determinată astfel:

$$A_c = \frac{N}{1{,}25R}$$

coeficientul de flambaj = 1;

T_{CM} – forța tăietoare capabilă la solicitarea de compresiune excentrică:

M_z – momentul încovoietor maxim capabil al diafragmei la nivelul z;

N – sarcina gravitațională maximă aferentă diafragmei la nivelul curent.

Se admite ca zona întinsă să aibă maximum lungimea egală cu 0,5 din lungimea secțiunii elementului.

Pentru secțiuni dreptunghiulare, relația devine:

$$T_{CM} = \frac{N \cdot l}{2Z}\left(1 - \frac{N}{1{,}25R_b \cdot l}\right) \leq \frac{Nl}{4Z}$$

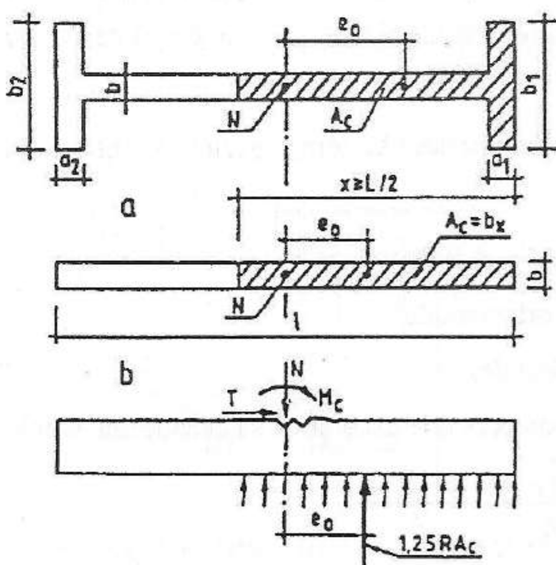


Fig. 11.18. Secțiuni de zidărie simplă solicitate la compresiune excentrică: *a* – secțiuni I, T, L; *b* – secțiuni dreptunghiulare.

În relațiile anterioare s-a considerat că punctul de aplicație al forței N coincide cu centrul de greutate al secțiunii. În cazul în care N se aplică excentric, fără ca elementul să fie acționat de forțe orizontale, se va ține seama de aceasta la stabilirea forței tăietoare capabile, prin relația:

$$T_{CM} = \frac{N(e_0 \pm d)}{Z}$$

în care: d este distanța de la punctul de aplicație al forței gravitaționale N la centrul de greutate al secțiunii elementului.

Pentru secțiune dreptunghiulară

$$T = \frac{N \cdot l}{2Z}\left(1 - \frac{N}{1{,}25 \cdot R_b \cdot l}\right) \leq \frac{N \cdot l}{4Z}$$

11.11.4. Calculul elementelor din zidărie confinată la construcții existente

Elementele comprimate centric se calculează la:

$$N = \varphi_c(0{,}85\, R \cdot A + R_b \cdot A_b + R_a \cdot A_a) \geq \varphi . R \cdot A$$

unde: φ_c este coeficient de flambaj al zidăriei confinate;

φ este în funcție de α și gradul de zveltețe al zidăriei:

$$\beta = \frac{\delta \cdot l_f}{t}$$

unde: l_f este lungimea de flambaj;

t – grosime zid;

δ – coeficient de corecție care are în vedere existența betonului:

$$\delta = 0{,}7 + 0{,}015 \cdot \frac{A_{zidărie}}{A_b} \leq 1 \text{ pentru } \alpha = 1000$$

$$\frac{A_z}{A_b} = \frac{\text{aria secțiunii de zidărie}}{\text{aria betonului}}$$

Elementele de zidărie complexă având secțiuni solicitate la compresiune excentrică cu excentricitate mică ($e_0 \leq 0{,}45g$) se calculează cu relația:

$$N \cdot e \leq \varphi_c(0{,}85R \cdot S_z + R_b \cdot A_b + R_b \cdot S_b + R_a \cdot S_a)$$

în care: S_z, S_b, S_a reprezintă momentele statice ale acțiunii din zidărie, beton, armătură;

e – excentricitatea forței, determinată în raport cu armătura întinsă.

Când este excentricitate mare:

$$e_0 > 0{,}45\,y$$

$$N \leq \varphi_c\,[R \cdot A_{zc} + R_b \cdot A_{bc} + R_a\,(A'_a - A_a)]$$

unde: φ_c este coeficient de flambaj determinat pentru întreaga secțiune;

A_a și A'_a – aria de armătură din zona întinsă, respectiv comprimată;

A_{zc} și A_{bc} – aria zonei comprimate a zidăriei, respectiv a betonului.

Calculul la capacitatea de rezistență a structurii, precum și verificarea nivelului de siguranță se fac cu relația:

$$\eta \sum_{i=1}^{n} S_i \leq m \sum_{i=1}^{n} T_{min\ capacitate\ a\ diafragmei}$$

în care: S_i este sarcina orizontală din seism;

η – coeficientul încărcării care ține seama de efectul torsiunii;

m – coeficientul condițiilor de lucru;

$$T_{CM} = \frac{M_e}{Z} = \left(\frac{1}{Z}\right)\left(R_b S_b + R \cdot S_z - N \cdot Y_N\right)$$

$$A_c = A_b + A_z$$

Pentru determinarea S_b şi S_z se calculează A_c.

$$A_z = \frac{N + A_a R_a - A_b R_b}{R}$$

$$S_z = A_z \cdot Y_z; \quad S_b = A_b \cdot Y_b$$

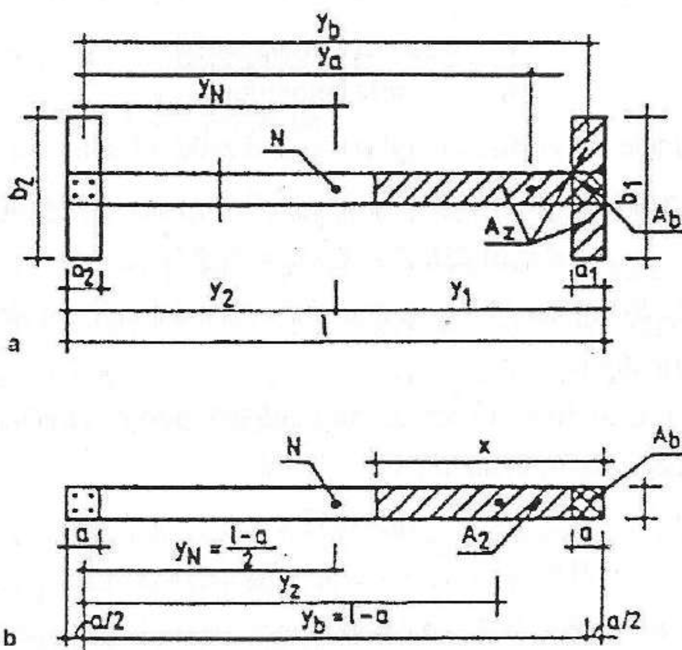


Fig. 11.19. Secțiuni de zidărie întărită cu stâlpişori de beton armat, solicitate la compresiune excentrică:
a – secțiune I, T, L; *b* – secțiuni dreptunghiulare.

Forța tăietoare capabilă a buiandrugilor încastrați elastic:

$$T_b = K \cdot a \cdot b\ (R_{str} - \sigma_0)$$

unde: *a* este lungimea de încastrare;

b – grosime buiandrugi;

K – coeficient care tine seama de distributia efortului.

$$K = \frac{3h_0}{4a + 3l_1}; \quad a \geq 3h_0; \quad 2h > l_1 - Q > h_0$$

$$R_{str} = R\sqrt[3]{1 + \frac{50}{a}}$$

unde a este în cm.

Capacitatea de rezistență la forfecare a rostului orizontal. Se prezintă pentru două situații: zidărie simplă și zidărie complexă.

a) *Zidărie simplă.* Pentru secțiuni solicitate la compresiune excentrică cu excentricitate mică, forța tăietoare se calculează astfel:

$$T_{cf} = \frac{A_i}{\mu_i}(R_f + 0{,}7f\sigma_0)$$

iar pentru secțiuni dreptunghiulare:

$$T_{cf} = \frac{b \cdot l}{1{,}5}(R_f + 0{,}7f\sigma_0)$$

Când:

$$L_0 = \frac{T_{CML} \cdot Z}{N} \leq \frac{1}{6}l$$

$$\mu_i = \frac{Sl_i}{l}; \; l_i = \text{lungime minimă};$$

$$\sigma_0 = \frac{N}{A}$$

μ_i = 1,5 pentru secțiuni dreptunghiulare și 1,35, pentru tălpi reduse:

$$\left(0{,}1 < \frac{b_1}{h} > 0{,}4\right)$$

Pentru secțiuni solicitate la compresiune excentrică cu excentricitate mare, forța tăietoare capabilă se calculează cu relația:

$$T_{cf} = \frac{0{,}7A_i\sigma_0 \cdot f}{\mu_i}$$

Pentru secțiuni dreptunghiulare la care $l_0 > \frac{1}{6}l$, forța tăietoare se calculează astfel:

$$T_{cf} = \frac{0,7 \cdot f \cdot N}{1,5}$$

unde: f este coeficient de frecare, conform STAS 10109/82, pct. 5.2.4

b) *Zidărie complexă*. Forța tăietoare capabilă la forfecarea rostului orizontal pentru diafragme pline, întărite cu sâmburi, se determină astfel:

$$T_{cf} = 0,5\,f\,(N + A_a R_a) + (\Sigma A_{ai} - A_a)R_a$$

unde: A_{ai} este suma secțiunilor barelor verticale la toți stâlpii peretelui considerat;

A_a – secțiunea armăturii din stâlpii de pe partea întinsă.

Relația se aplică numai în cazul solicitărilor de compresiune excentrică cu excentricitate mare, când se consideră că rezistența la forfecare a zidăriei este depășită datorită eforturilor de întindere din zidărie, care apar la ambele capete din eforturi seismice alternante.

Capacitatea de rezistență la eforturi principale de întindere. Se prezintă pentru două situații: zidărie simplă și zidărie complexă.

a) *Zidărie simplă*. Pentru zidărie simplă, forța capabilă este:

$$T_{cp} = \frac{R_p A_i}{\mu_i}\sqrt{1 + 0,8\phi\frac{\sigma_0}{R_p}}$$

unde: R_p este rezistența de calcul a zidăriei la întindere;

ϕ – coeficient în funcție de excentricitatea relativă (l/l_0) cu valori egale cu unitatea pentru $l/l_0 \geq 6$.

b) *Zidărie confinată*. Atunci când diafragmele sunt întărite cu sâmburi și centuri, calculul se efectuează cu relația:

$$T_{cp} = \frac{R_p . A_i}{\mu_i}\sqrt{1 - 0,8\phi\frac{\sigma_0}{R_p}}$$

în care:

$$\sigma_0 = \frac{N}{A_{id}}$$

unde: A_{id} este aria ideală, $A_{id} = A_z + (R_b:R).A_b$;

μ_i – coeficient care s-a introdus cu valoarea determinată în baza caracteristicilor ideale ale secțiunilor (A_{id}, S_{id}, I_{id}):

$$\mu_i = \frac{S_{id}}{I_{id}} \cdot l_i$$

Atunci când zidăria este fisurată, întregul efort de întindere se preia de către armăturile din centuri și de armăturile din stâlpișorii din beton armat. Având în vedere că rezistența la eforturile principale de întindere trebuie satisfăcută concomitent, atât în centuri cât și în sâmburi, se va considera valoarea cea mai mică dintre:

– pentru centuri:

$$T_{cp} = \frac{2A_{ac}R_a}{\mu_i} \cdot \frac{l_i}{h_{et}} > T_{cp} \quad \text{(zidărie simplă);}$$

– pentru sâmburi:

$$T_{cp} = \frac{2\sum A_{as} \cdot R_a}{\mu_i} \cdot \frac{l_i}{\sum l_i} > T_{cp} \quad \text{(zidărie simplă)}$$

unde: A_{ac} este aria armăturilor din centuri care preiau solicitările seismice, la care se adaugă și aria totală de armătură din rosturile orizontale ale zidăriei pe înălțimea unui nivel h_{et};

ΣA_{as} – aria armăturilor din stâlpișorii (sâmburi) dispuși intermediar panoului de zidărie;

Σl_i – suma lungimilor de zid aferente sâmburilor din porțiunea mijlocie a peretelui.

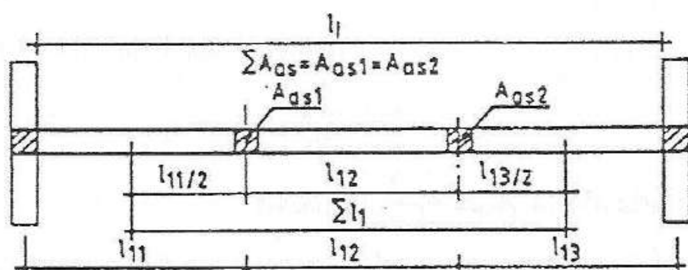


Fig. 11.20. Luarea în considerare a stâlpișorilor de beton armat la stabilirea capacității de rezistență la eforturi principale de întindere.

11.11.5. Alcătuirea de ansamblu a structurilor noi din zidărie

La alcătuirea de ansamblu şi stabilirea construcțiilor cu structură din zidărie portantă se vor avea în vedere forme ordonate, compacte şi simetrice în plan, evitându-se disimetrii pronunțate în distribuția volumelor, a maselor şi a rigidităților în cadrul aceluiaşi tronson de clădire, în vederea limitării efectelor defavorabile de torsiune generală sub acțiunea seismică. La alcătuirea de ansamblu şi la amplasarea structurilor din zidărie se va ține seama de prevederile Codului P 100/2006.

Structurile din zidărie portantă concepute ca sisteme spațiale sunt alcătuite din pereți dispuşi de regulă după două direcții ortogonale şi planşee care alcătuiesc şaibe (diafragme) orizontale.

În vederea obținerii unei comportări corespunzătoare a structurilor din zidărie sub acțiunea seismică, la proiectarea clădirilor se va urmări asigurarea unei variații cât mai uniforme pe verticală a rigidității, atât a structurii în ansamblu, cât şi a elementelor structurale componente, evitându-se alcătuiri structurale cu rigidități şi capacități de rezistență mai reduse, la un nivel inferior față de cele superioare. Totodată, alcătuirea (tipul) planşeelor trebuie să asigure realizarea unor şaibe (diafragme) orizontale cât mai rigide, pentru asigurarea conlucrării spațiale a elementelor structurale sub acțiunea încărcărilor orizontale (seismice).

Clădirile cu forme neordonate în plan (L, T, U) precum şi cele cu porţiuni având înălţimi, mase sau rigidităţi diferite, se vor separa prin rosturi între tronsoane de forme apropiate de dreptunghi. Dimensiunile tronsoanelor se determină în funcţie de tipul planşeului, gradul de protecţie antiseismică şi natura terenului de fundare. Lungimile maxime admise, pentru clădiri fundate pe terenuri normale, sunt date de tabelul 11.1, iar pentru cele fundate pe terenuri slabe sau cu contracţii mari, în conformitate cu prevederile Normativului P7-2000.

Tabelul 11.1

Lungimi maxime pentru tronsoane [m]

Tipul de planşeu	Zona (gradul) de protecţie antiseismică			
	F (6)	E (7)	C, D (8)	A, B (9)
Planşeu monolit sau prefabricat cu suprabetonare	50	50	50	40
Panouri sau semipanouri prefabricate monolitizate	60	60	50	50
Fâşii prefabricate cu bucle monolitizate	60	50	50	–
Fâşii prefabricate fără bucle, grinzi cu corpuri de umplutură fără suprabetonare	60	50	–	–

În vederea stabilirii măsurilor constructive ce se impun pentru preluarea solicitărilor care pot apărea ca urmare a acţiunilor verticale şi orizontale, înălţimea maximă a clădirilor cu structură din zidărie (numărul maxim de niveluri) este dată în tabelul 11.2.

Tabelul 11.2

Înălţimea şi numărul maxim de niveluri

Zona (grad) de protecţie antiseismică	Înălţimea (*H*), în m, şi numărul de nivleuri (*n*) pe categorii de structuri				
	Tip fagure		Tip celular		Tip sală
	H	*n*	*H*	*n*	*H*
F (6)	15	5	15	4 (5)	12
E (7)	15	5	12	3 (4)	10
C, D (8)	12	4	10	3	8
A, B (9)	9	3	7	2	–

Rosturile dintre tronsoane, cu rolul de tasare, de dilatare-contracţie sau antiseismice, se realizează prin dublarea pereţilor tronsoanelor alăturate, având grosimea de cel puţin o cărămidă. Rosturile dintre tronsoane separă atât suprastructura cât şi infrastructura (când au rolul de tasare sau dilatare-contracţie) sau numai suprastructura (cazul rosturilor antiseismice).

Pereţii din zidărie care intră în alcătuirea unei clădiri, după rolul pe care îl îndeplinesc, pot fi: structurali (portanţi şi autoportanţi sau de contravântuire) şi nestructurali (neportanţi), cu rol de compartimentare.

Din cauza rezistenţelor mecanice slabe ale zidăriei, în special la acţiunea forţelor orizontale care produc în pereţi (diafragme) eforturi unitare principale de întindere şi care nu pot fi preluate de zidărie decât în cazul valorilor reduse (1-2 daN/cm^2), este necesar ca distanţa maximă a panourilor de pereţi (fig. 11.22) să nu depăşească valorile din tabelul 11.3, în funcţie de tipul planşeului (*a*, *b*, *c* şi *d*).

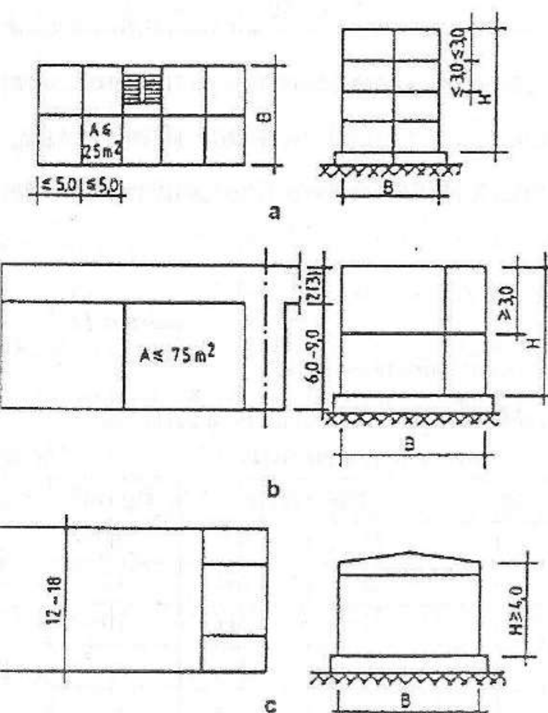


Fig. 11.21. Scheme caracteristice pentru diferite categorii de structuri din zidărie portantă: *a* – de tip fagure; *b* – de tip celular; *c* – de tip sală.

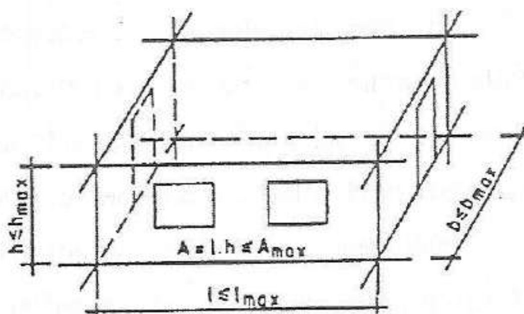


Fig. 11.22. Distanțe maxime dintre pereții structurali de rigidizare.

Tabelul 11.3

Distanța maximă admisă l_{max} între pereții structurali și aria maximă $A_{max} = l\,h$ a panourilor de pereți

Tip planșeu	Înălțime h_{max}[m]	n maxim	l_{max} [m)]/A_{max} = [m²]			
			F(6)	E(7)	C, D(8)	A, B(9)
a, *b*	4	1	14/48	12/40	10/36	8/28
	9	3	12/42	12/36	10/32	6/18
	15	1	12/36	10/32	–	–
c	4	1	12/40	10/36	8/28	–
	9	3	10/36	10/32	6/21	–
	15	5	10/32	8/28	–	–
d	4	1	8/30	6/21	–	–
	9	3	8/24	6/18	–	–
	15	5	6/18	–	–	–

În vederea alcătuirii judicioase a structurii și utilizării elementelor prefabricate tipizate pentru planșee, scări etc. la proiectarea clădirilor se va urmări:

– conceperea unor moduli funcționali și constructivi repetabili și asamblarea în trosoane de clădiri;

– alcătuirea unor porțiuni simetrice și evitarea utilizării tronsoanelor cu disimetrii pronunțate.

Elemente constructive. Grosimea pereților portanți (interiori și exteriori) se stabilește prin calcul din condiția de rezistență și stabilitate, în conformitate cu prevederile Normativului CR6–2006, grosimea minimă fiind de o cărămidă sau bloc de 24 cm.

Grosimea pereților portanți exteriori trebuie să asigure și condițiile de izolare termică și evitarea fenomenului de condens (în conformitate cu C 107/98), de izolare fonică (conform Instrucțiunilor C 125-81) și de prevenire a incendiilor și a efectelor acestora (conform Normelor tehnice P 118/99).

Înălțimea de nivel (distanța între două planșee) nu va depăși de 16 ori grosimea peretelui, cu excepția pereților cu grosime de 1/ 2 cărămidă și a pereților întăriți cu stâlpișori și centuri de beton armat.

Pereții de contravântuire trebuie să fie plani și coplanari pe toată înălțimea construcției, urmărindu-se ca aceștia să asigure rigidizarea pereților portanți. În general, nu se admit pereți de tip lamă, cu capetele nerigidizate. Se admite ca rigidizarea capetelor să se facă cu stâlpișori de beton armat, ancorați în planșeu direct sau prin centuri.

Executarea pereților de contravântuire se face concomitent cu pereții portanți, asigurându-se legătura prin țesere sau prin stâlpișori de beton armat înglobați în zidărie.

Golurile de uși și ferestre din pereții structurali se vor amplasa și dimensiona astfel ca plinurile dintre ele să satisfacă exigențele necesare de rezistență și stabilitate sub acțiunea încărcărilor verticale și orizontale. Prin amplasarea judicioasă a golurilor se va urmări uniformizarea rigidizărilor și rezistențelor pereților la încărcările orizontale care acționează în planul lor, urmărindu-se totodată obținerea unor rigidizări de valori apropiate pe cele două direcții principale în plan.

Având în vedere că prezența golurilor în pereții structurali (diafragme) aduce o perturbare în ceea ce privește transmiterea eforturilor provenite din încărcări verticale (gravitaționale) și încărcări orizontale (din vânt sau seism), se impune necesitatea stabilirii și respectării unor dimensiuni minime ale plinurilor de zidărie în funcție de zona (gradul) de protecție antiseismică și înălțimea construcției prezentate în tabelul 11.4.

Tabelul 11.4

Dimensiuni minime ale plinurilor de zidărie dintre două goluri şi de la marginea pereţilor la primul gol pentru pereţii structurali

Nr. crt.	Caracteristica	Poziţia peretelui	UM	Zona (gradul) de protecţie antiseismică şi înălţimea construcţiei, *h*						
				F (6)		E (7)		C, d (8)		A, B (9)
				< 9 m	9-15 m	< 9 m	9-15 m	< 9 m	9-12 m	< 9 m
1	Aria plinurilor pereţilor în secţiune orizontală pe fiecare din cele două direcţii principale în raport cu aria construită a construcţiei	Exterior + interior	%	2,5	3,5	3,5	5	5	6	7
2	Suma lăţimilor plinurilor de zidărie raportată la lungimea totală a peretelui respectiv	Exterior	%	40	45	45	50	50	55	55
		Interior	%	65	70	70	75	75	80	80
3	Lăţimea plinurilor de zidărie simplă: – la colţ (a)	Exterior	m	0,90	1,20	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50
	– intermediar (b)	Exterior	m	0,75	1,00	1,00	1,25	1,25	1,50	1,50
4	Lăţimea plinurilor de zidărie: – la margine – intermediar (c)	Interior	m	0,75	1,00	1,00	1,25 sau *h*/2 gol	1,25	1,50	1,50

Observaţii:

a) Notaţiile a, b, c reprezintă lăţimea plinurilor de zidărie dintre două goluri (fig. 11.30);

b) În cazul în care structura se rigidizează cu stâlpişori de beton armat, lăţimea unor plinuri de zidărie poate fi redusă cu cel mult 25%.

La clădirile proiectate pentru zonele A, B și C, D (gradele 8 și 9) de protecție antiseismică nu se admite prevederea de goluri în pereții structurali, care întrerup centurile de beton armat de la nivelul planșeelor. în zonele F și E (gradele 6 și 7) se admite întreruperea centurilor în dreptul casei scărilor, cu condiția întăririi marginii golului cu stâlpișori și centuri-buiandrugi (fig. 11.24).

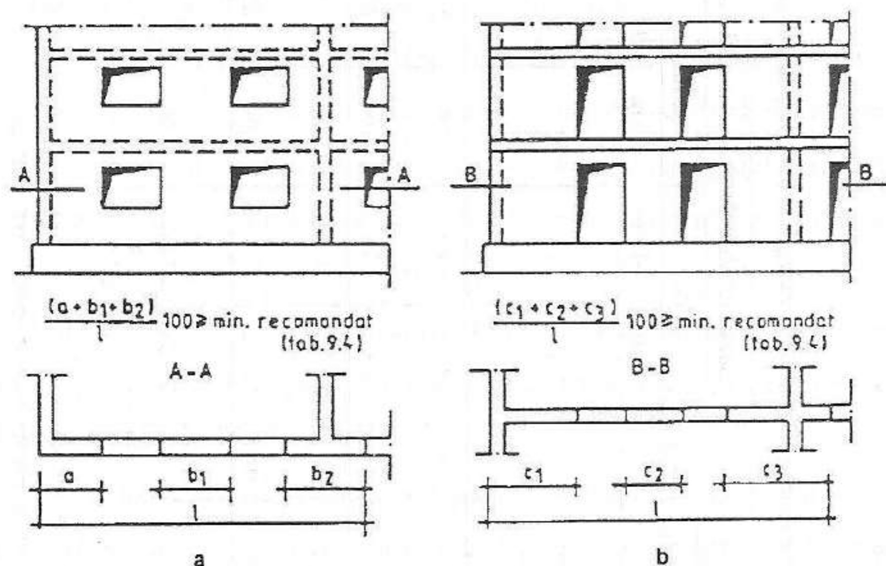


Fig. 11.23. Modul de amplasare a golurilor pentru ferestre și uși în pereții structurali;
a – exteriori; *b* – interiori.

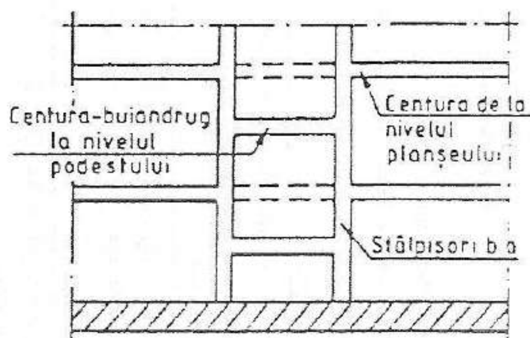


Fig. 11.24. Întărirea golurilor în dreptul casei scărilor.

La clădiri cu structura din diafragme de zidărie, care preiau sarcini seismice, buiandrugii deasupra golurilor de uși și ferestre se execută din beton armat monolit. Lungimea de rezemare va fi minimum 25 cm. În cazul în care înălțimea plinului deasupra golurilor nu depășește 50 cm, buiandrugii se execută împreună cu centura, iar peste 50 cm, buiandrugii se execută independent de centură.

În funcție de condițiile impuse de zona de amplasament și de regimul de înălțime, clădirile cu structura din pereți portanți din zidărie se pot realiza în varianta de zidărie simplă (obișnuită), zidărie confinată și zidărie armată.

În cazul în care din considerente constructive sau pe bază de calcul rezultă necesitatea măririi capacității portante, se adoptă structuri din zidărie prin înglobarea în zidărie a unor stâlpișori de beton armat și armături distribuite în rosturile orizontale pentru asigurarea conlucrării acestora cu zidăria.

Prin alcătuirea constructivă și poziționarea stâlpișorilor și centurilor de beton armat în pereții din zidărie se pot obține efecte locale sau de ansamblu privind îmbunătățirea capacității portante (rezistenței), stabilității și de deformație a pereților ca elemente structurale.

Utilizarea stâlpișorilor de beton armat permite sporirea capacității portante și a stabilității pereților structurali, atât la acțiunea încărcării verticale, cât și la acțiunea combinată a încărcărilor verticale și orizontale. Prin întărirea pereților structurali cu stâlpișori și centuri de beton armat și prin asigurarea conlucrării acestora cu zidăria se obține o creștere importantă atât a rezistenței și a rigidității, cât și a ductilității și capacității de disipare a energiei induse, în comparație cu pereții realizați din zidărie simplă. Rezultate bune se obțin în cazul plinurilor cu raportul dintre lungime și înălțime de 1-2.

Poziționarea stâlpișorilor de beton armat, care rezultă de regulă dintr-un calcul de rezistență al pereților structurali, sub acțiunea încărcărilor verticale și orizontale, se face în conformitate cu prevederile din tabelul 11.5.

Tabelul 11.5

Pozițiile stâlpișorilor de beton armat la panouri de zidărie înrămată

Poziție stâlpișor	**Motivare**	**Înălțimea de dispunere**	**Zona (gradul) de protecție antiseismică**										
			F (6)			**E (7)**			**C,D (8)**			**A,B, (9)**	
			Înălțimea [m]										
			6	**6-9**	**9-15**	**6**	**6-9**	**9-15**	**6**	**6-9**	**9-15**	**6**	**6-9**
			2	**3**	**5**	**2**	**3**	**5**	**2**	**3**	**4**	**2**	**3**
La colțuri și intránduri de pereți exteriori	Constructiv pentru preluarea forței tăietoare	Pe toată lățimea clădirii	–	–	–	–	X	X	–	X	X	X	X
La capetele diafragmelor de zidărie	Constructiv sau prin calcul pt. preluarea întinderilor din compresiune excentrică sau a forței tăietoare	Pe toată înălțimea clădirii sau la nivelurile la care rezultă necesare din calcul	–	–	–	–	X	X	–	X	X	X	X
În câmpul pereților plini și la încadrarea golurilor de uși	Prin calcul pentru preluarea forței tăietoare și a întinderilor din compresiune excentrică	La nivelurile la care rezultă necesare din calcul	–	–	–	–	–	X	–	X	X	X	X
La intersecții și ramificații de pereți	Constructiv și prin calcul	Pe toată înălțimea	–	–	–	–	–	–	–	X	X	–	X

În vederea asigurării transmiterii directe a încărcărilor gravitaționale de la planșeele clădirii la pereții structurali și a forțelor de inerție ce apar la nivelul planșeelor ca răspuns al clădirii la mișcările seismice, precum și pentru preluarea eforturilor de întindere ce apar în pereții structurali sub acțiunea încărcărilor orizontale seismice sau a efectului tasării neuniforme etc., se vor prevedea în mod obligatoriu centuri de beton armat la nivelul fiecărui planșeu al clădirii (alcătuind o rețea continuă și închisă pe toată suprafața planșeelor). Centurile participă de asemenea și la preluarea eforturilor de întindere sau compresiune ce apar în șaiba orizontală (planșeu), determinate de forțe seismice (care acționează în planul șaibei). În cazul clădirilor cu structură celulară sau de tip sală, la care înălțimea este mai mare de 4 m, și în toate cazurile în care este necesară asigurarea rigidității și stabilității pereților structurali la acțiunea încărcărilor verticale și orizontale, se impune prevederea centurilor intermediare (poziționate între centurile de la nivelul planșeelor), conform codului P100/1/2006.

În cazul pereților înalți (de la clădirile de tip sală), poziționarea stâlpișorilor din beton armat se va face în așa fel încât împreună cu centurile intermediare să formeze o rețea în care suprafața de zidărie încadrată să nu depășească:

– 24 m^2, respectiv 18 m^2 pentru zona de protecție antiseismică F, respectiv E;

– 12 m^2, pentru zonele de protecție antiseismică C, D și A, B.

Stâlpișorii din beton armat se realizează prin turnarea betonului după executarea zidăriei și montarea armăturii (longitudinale și transversale).

Pentru asigurarea unei bune conlucrări a stâlpișorilor de beton armat cu zidăria, se prevăd bare sau plase în rosturile orizontale din oțel-beton cu diametrul de 5-6 mm, dispuse în rosturile orizontale ale zidăriei la 45-60 cm distanță.

Barele orizontale de legătură trebuie să pătrundă în zidărie pe o adâncime de cel puțin 50 cm sau până la marginea golului, în cazul în care distanța de la stâlpișor la gol este mai mică decât 50 cm.

Secțiunea stâlpișorilor de beton armat va respecta prevederile codului P100/1/2006.

La nivelul planșeelor, stâlpișorii se monolitizează cu centurile.

Armătura transversală (etrierii) se realizează în mod curent din OB 37, cu diametrul de 6 mm/20 cm, îndesiți la 10 cm în zonele de înnădire a barelor longitudinale, precum și la partea superioară a stâlpișorilor, pe o lungime de cel puțin 50 cm.

În unele cazuri stâlpișorii din beton armat se utilizează și pentru preluarea eforturilor de întindere care pot apărea în zone de la capetele de diafragme, când se impune asigurarea unor condiții corespunzătoare de ancorare a acestora în infrastructură și de înnădire a barelor longitudinale (fig. 11.25).

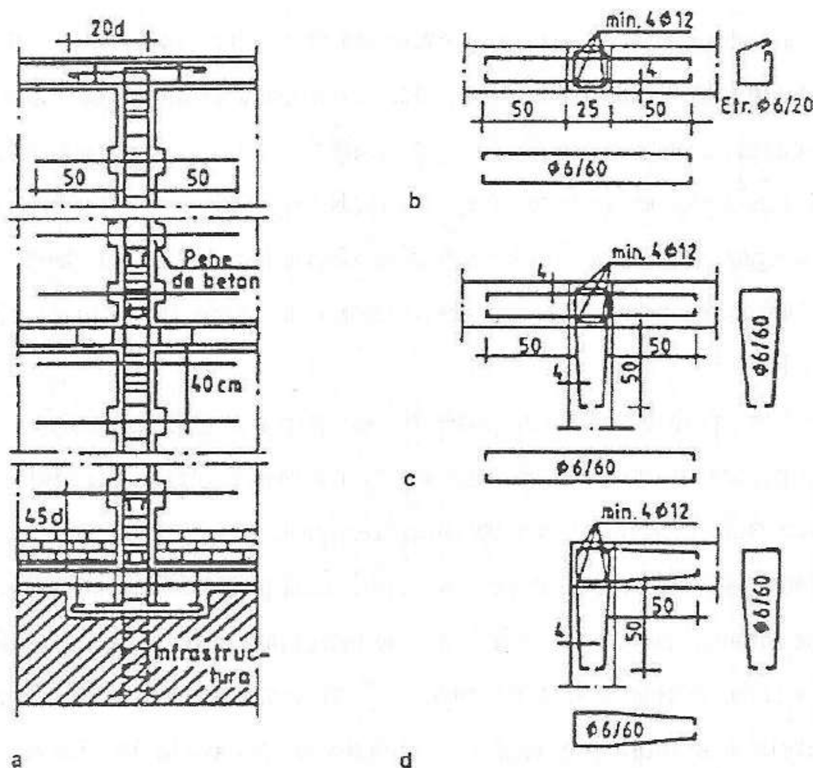


Fig. 11.25. Stâlpișor de beton armat înglobat în zidărie;
a – elevație; *b* – secțiune curentă; *c* – la intersecții de pereți; *d* – la colțuri.

În cazul pereților structurali cu goluri pentru uși și ferestre mari, se vor prevedea la partea superioară a acestora buiandrugi de beton armat monolit sau prefabricat.

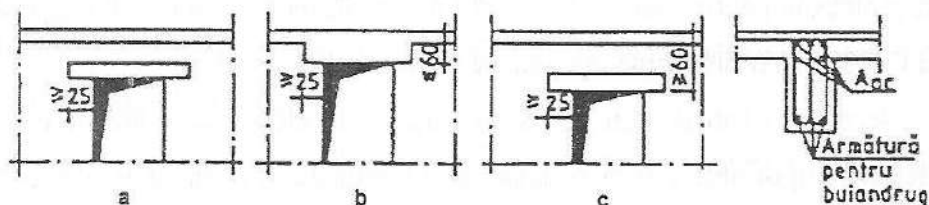


Fig. 11.26. Buiandrugi din beton armat.

La clădirile cu înălțimea (*H*) mai mare de 9,0 m (P + 2,3E), proiectate pentru gradele 7,8 și 9 de protecție antiseismică, se vor prevedea buiandrugi din beton armat monolit, iar în celelalte cazuri se pot adopta buiandrugi din beton armat prefabricat. Lățimea secțiunii transversale se ia, de regulă, egală cu grosimea peretelui structural (minimum 24 cm), iar înălțimea 1/5 din lumina golului. Distanța dintre partea superioară a buiandrugilor și cota inferioară a centurii de la nivelul planșeelor se va completa cu zidărie. În cazul în care această distanță nu depășește 60 cm, buiandrugii de beton armat monolit se vor executa împreună cu centurile, formând centuri-buiandrug.

Armarea buiandrugilor se va face pe bază de calcul de rezistență, luând în considerare solicitările din acțiunea simultană a încărcărilor gravitaționale și orizontale.

Structuri cu pereți portanți din zidărie armată. La clădiri cu pereți structurali din zidărie, amplasate în zone seismice, sporirea capacității portante la acțiunea combinată a încărcărilor verticale și orizontale se poate obține și prin armarea zidăriei în rosturile orizontale.

Armătura prevăzută în rosturile orizontale, necesară pentru preluarea eforturilor principale de întindere, se determină pe baza unui calcul de rezistență.

Pentru asigurarea conlucrării pereților structurali ortogonali care se intersectează, la clădiri cu înălțime mai mare de 6 m, proiectate pentru zona E (gradul 7) de protecție antiseismică și la cele cu înălțime de maximum 6 m proiectate pentru zona C,D (gradul 8), armătura orizontală (din bare de oțel OB 37) va fi prevăzută la colțurile și intersecțiile exterioare.

În cazul clădirilor cu pereți structurali situate în zone seismice (cu solicitări importante), este necesar să se armeze zidăria în unele zone (fig. 11.27).

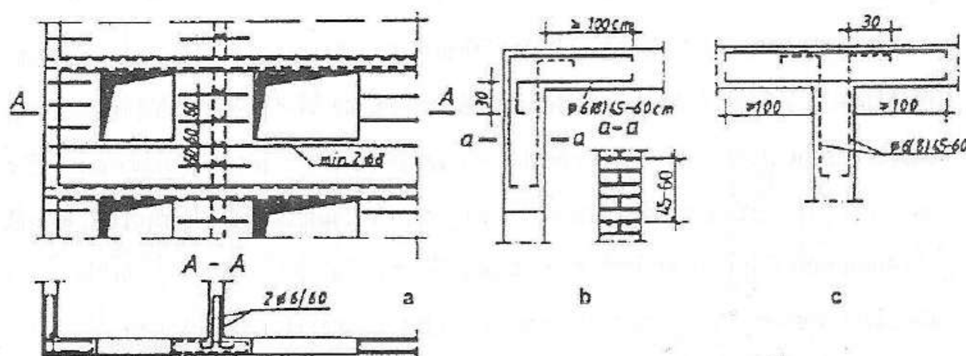


Fig. 11.27. Armarea plinurilor de zidărie dintre ferestre, a colțurilor și a intersecțiilor: *a* – vedere; *b*, *c* – secțiuni.

Armarea orizontală se realizează, de regulă, cu bare independente având 6-8 mm diametru, care se dispun câte două într-un rost de zidărie, la intervale de cel mult 60 cm. Mortarul utilizat în acest caz va avea marca minimă M50.

Armarea se face în următoarele zone:

– sub ferestre, la două asize dedesubtul golului, cu armături continue pe toată fațada;

– la colțuri, intersecții și ramificații, câte două bare în rost la cel mult 60 cm distanță, în cazul în care acestea nu sunt legate cu pereții transversali și în care nu se dispun stâlpișori de beton armat.

11.11.6. Calculul structurilor nou proiectate din zidărie portantă

Pentru proiectarea structurilor clădirilor curente, determinarea eforturilor şi deformaţiilor în elementele de zidărie se poate face utilizând un model de calcul, suficient de precis, bazat pe următoarele ipoteze simplificatoare:

– zidăria este un material presupus omogen, izotrop şi cu răspuns elastic până în stadiul ultim;

– caracteristicile secționale ale pereţilor de zidărie se determină pentru secţiunea brută (nefisurată);

– pentru aplicaţiile curente, rezultatele calculelor obţinute prin modelele bazate pe ipotezele de mai sus se afectează cu factori de corecţie stabiliţi astfel încât să se obţină o concordanţă cât mai bună cu datele rezultate din încercări.

Modelul de calcul pentru determinarea eforturilor secționale şi a rezistenţei de proiectare a pereţilor (elementelor) de zidărie trebuie să reprezinte în mod adecvat proprietăţile de rezistenţă, de rigiditate şi de ductilitate ale întregului sistem structural.

11.11.6.1. Calculul structurilor la încărcari verticale

Pereţii structurali din zidărie sunt elemente verticale ale suprastructurii clădirii care preiau, în principal, încărcările de tip gravitaţional aduse de planşee şi le transmit terenului de fundare prin intermediul infrastructurii.

Pentru calculul sub acţiunea încărcărilor verticale, pereții structurali sunt consideraţi console rezemate la nivelul planşeului peste subsol (în cazul clădirilor cu subsol) sau la fața superioară a fundaţiilor (în cazul clădirilor fără subsol).

Pereții din zidărie pot fi solicitați, simultan cu încărcările verticale, și de încărcări orizontale, cu caracter local, care acționează perpendicular pe planul peretelui:

• încărcări din acțiunea cutremurului, pentru pereții structurali și nestructurali;

• încărcări date de presiunea vântului, pentru pereții exteriori din elevația clădirii;

• încărcări date de impingerea pământului, pentru pereții de contur de la subsol (aceste încărcări vor include și eventualele suprasarcini pe terenul din imediata vecinatate a clădirii);

• forțe datorate împingerilor produse de bolți, arce sau șarpante;

• încărcări de exploatare (mobiler sau echipamente/instalații suspendate pe console, împingerea oamenilor în spații aglomerate etc).

Metode de calcul pentru încărcări verticale. Trebuie determinate forțele axiale de compresiune în pereții structurali, precum și excentricitățile de aplicare a încărcărilor verticale.

Determinarea forțelor axiale de compresiune în pereții structurali. Forța axială de compresiune într-o secțiune de calcul a unui perete structural se compune din:

• suma încărcărilor aplicate pe zonele aferente ale planșeelor aflate peste nivelul secțiunii de calcul;

• greutatea proprie a porțiunii de perete aflate peste nivelul secțiunii de calcul.

În cazul planșeelor alcătuite din plăci de beton armat care transmit încărcările pe două direcții, indiferent de tehnologia de realizare (monolit, prefabricat din panouri mari, mixt-predale cu suprabetonare), pereții preiau încărcările aplicate pe porțiunile de placă aferente, determinate de bisectoarele unghiurilor formate de laturile plăcilor. Aceste încărcări se consideră uniform

distribuite pe lungimea peretelui respectiv, la care, în cazul pereților cu goluri de uși și/sau ferestre, se adaugă câte 1/2 din lățimea golurilor care mărginesc peretele.

Pentru încărcările concentrate sau pentru încărcările distribuite aplicate numai pe anumite zone ale peretelui, se admite că repartizarea eforturilor în perete se face după linii înclinate la 30° față de verticală, ca în figura. 11.29. În cazul pereților cu goluri, traseul de descărcare se modifică conform figurii.

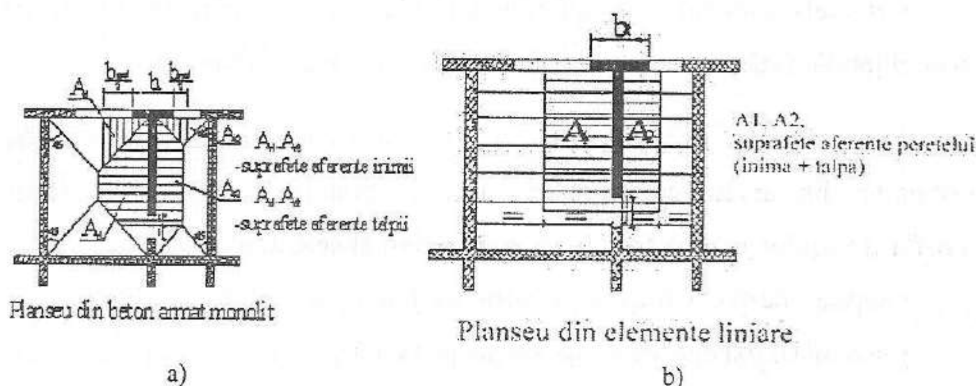


Fig. 11.28. Încărcări verticale date de planșee pe pereții structurali:
a – planșeu din beton armat monolit; *b* – planșeu din elemente liniare (beton, oțel , lemn).

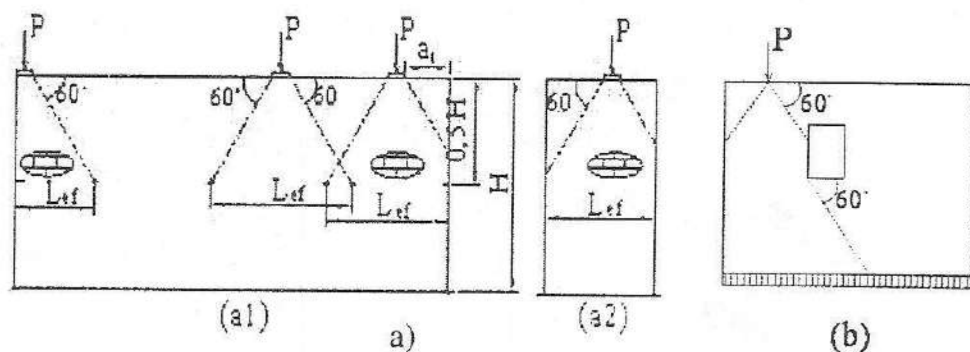


Fig. 11.29. Încărcări verticale concentrate pe pereții structurali:
a – cazul curent; *b* – devierea traseului de descărcare în vecinatatea golurilor.

Determinarea excentricităților de aplicare a încărcărilor verticale. În clădirile din zidărie, încărcările verticale aduse de planșee, considerate de

regulă că se transmit către fundații ca forțe axiale în pereți, sunt asociate, în realitate, unor excentricități care provin din mai multe surse:

• alcătuirea constructivă a structurii, care poate implica deviații ale fluxului forțelor verticate de la un nivel la altul;

• existența unor imperfecțiuni de execuție, inevitabile în anumite limite – în practică, în ceea ce privește geometria structurii, omogenitatea materiatetor structurii, pozițiile relative ale subansamblurilor/elementelor structurii;

• efectele unor încărcări cu caracter local, de intensitate mai mică, dar nu neglijabilă, față de cea a încărcărilor permanente sau a forțelor seismice.

Excentricități provenite din alcătuirea structurii. Excentricitățile provenite din alcătuirea structurii apar în zonele în care se produce transferul forțelor verticale de la un etaj la altul și se datorează:

• suprapunerii excentrice pe verticală a pereților la etajele adiacente;

• rezemării excentrice a planșeelor pe perete;

• rezemării pe perete a unor planșee cu deschideri și încărcări diferite.

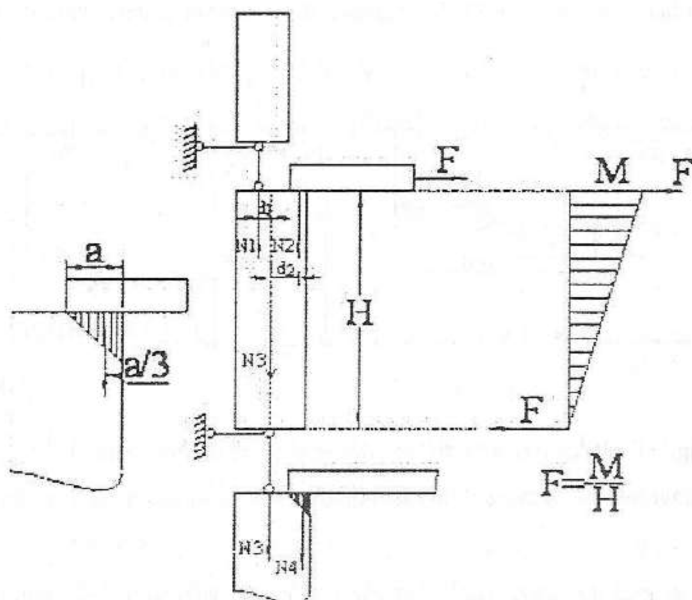


Fig. 11.30. Excentricități provenite din alcătuirea structurii.

Excentricitatea datorată tuturor încărcărilor verticale aplicate peste nivelul de calcul, provenită din modul de alcătuire a structurii, se determină cu relația:

$$e_{io} = \frac{N_1 d_1 + \sum N_2 d_2}{N_1 + \sum N_2}$$

în care: N_1 este încărcarea transmisă de peretele de la etajul superior;

d_1 – excentricitatea cu care este aplicată încărcarea N_1;

N_2 – încărcările aduse de planşeul/planşeele care reazemă direct pe perete;

d_2 – excentricitățile cu care sunt aplicate încărcările N_2.

Excentricități datorate imperfecțiunilor de execuție (excentricitate accidentală). Excentricitatea accidentală a forțelor verticale (e_a) poate fi cauzată de următoarele categorii de imperfecțiuni de execuție:

- deplasarea relativă a planurilor mediane ale pereților de la două niveluri adiacente;
- abaterile de la valoarea nominală a grosimii pereților;
- abaterile de la poziția verticală a peretelui;
- neomogenitatea materialelor.

În calcule, excentricitatea accidentală se va introduce cu cea mai mare dintre valorile:

$$e_a = \frac{t}{30} \geq 1{,}0\,\text{cm};$$

$$e_a = \frac{h_{et}}{300} \geq 1{,}0\,\text{cm}$$

unde: t este grosimea peretelui;

h_{et} – înălțimea etajului.

Excentricitatea datorată momentelor încovoietoare produse de forțele orizontale perpendiculare pe planul peretelui. Excentricitatea forței verticale corespunzătoare momentelor $M_{hm(i)}$ este dată de relația:

$$e_{hm(i)} = \frac{M_{hm(i)}}{N_1 + \sum N_2}$$

în care: N_1 este încărcarea transmisă de peretele superior;

$\sum N_2$ – suma reacțiunilor planșeelor care reazemă pe peretele care se verifică.

11.11.6.2. Calculul structurilor din zidărie la încărcări orizontale

Ținând seama de înălțimea redusă a clădirilor din zidărie pentru care, în toate zonele seismice, forțele provenite din acțiunea vântului sunt inferioare forțelor seismice, verificarea structurilor din zidărie la acțiunea vântului în planul pereților nu este necesară.

Încărcările din vânt vor fi luate în considerare numai pentru:

• calculul excentricității forței verticale datorate momentelor încovoietoare date de acțiunea vântului perpendicular pe fațadă;

• calculul șarpantelor;

• verificarea rezistenței și rigidității fațadelor din sticlă de mari dimensiuni.

În cazul clădirilor etajate din zidărie, se vor lua în considerare numai forțele orizontale provenite din acțiunea seismică. Pentru clădirile tip „sală/hală" componenta verticală a acțiunii seismice se va lua în calcul pentru structura acoperișului în condițiile prevăzute în Codul P100-1/2006.

11.11.6.3. Calculul rezistenței de proiectare a pereților de zidărie

Rezistența de proiectare a pereților structurali se determină pentru:

• solicitările secționale datorate sistemelor de forțe care acționează în planul median al peretelui:

– forța axială (N_{Rd});

– moment încovoietor (M_{Rd});

– forța tăietoare (V_{Rd});

– forța de lunecare verticală în pereții cu secțiuni compuse (V_{Lhd});

• solicitările secționale datorate forțelor care acționează perpendicular pe planul median al peretelui:

– moment încovoietor în plan paralel cu rosturile orizontale (M_{pxd1});

– moment încovoietor în plan perpendicular pe rosturile orizontale (M_{pxd2}).

A. Rezistența la compresiune a pereților din zidărie nearmată (ZNA), cu elemente din argilă arsă. Rezistența de proiectare la compresiune centrică pentru un element din ZNA cu secțiune oarecare se va determina cu relația:

$$N_{Rd} = \Phi_{i(m)} A f_d$$

în care: $\Phi_{i(m)}$ este coeficientul de reducere a rezistenței din cauza efectului zvelteței elementului și efectului excentricităților de aplicare a încărcărilor în secțiunile extreme (Φ_i) și, respectiv, în secțiunea de la 2/3 din înălțimea elementului, măsurată de la bază (Φ_m);

A – aria secțiunii transversale a elementului;

f_d – rezistența de proiectare la compresiune a zidăriei.

În cazul pereților de zidărie cu secțiune dreptunghiulară, rezistența de proiectare la compresiune centrică se calculează, de regulă, pentru unitatea de lungime a peretelui. Ecuația devine:

$$N_{Rd}(l) = \Phi_{i(m)} t f_d$$

unde: t este grosimea peretelui;

$N_{Rd}(l)$ – rezistenţa de proiectare a peretelui dreptunghiular pe unitatea de lungime.

Determinarea coeficientului de reducere a rezistenţei Φ_i. Coeficientul de reducere a rezistenţei în secţiunile de la extremităţile peretelui Φ_i – sus şi jos – depinde numai de excentricitatea de aplicare a încărcărilor şi se va determina cu relaţia:

$$\phi_i = 1 - 2\frac{e_i}{t}$$

în care: t este grosimea peretelui;

e_i – excentricitatea de calcul, în raport cu planul peretelui, în secţiunea de la extremitatea peretelui (sus/jos) în care se face verificarea, calculată cu relaţia:

$$e_i = e_{0i} + e_{hi} + e_a \geq 0{,}05t$$

cu notaţiile: e_{0i} – excentricitatea datorată tuturor încărcărilor aplicate peste nivelul de calcul;

e_{hi} – excentricitatea datorată forţelor aplicate perpendicular pe planul peretelui;

e_a – excentricitatea accidentală.

Determinarea coeficientului de reducere a rezistenţei Φ_m. Pentru zidăriile executate cu elemente din argilă arsă, cu mortar pentru utilizare generală (G), cu toate rosturile complet umplute, coeficientul de reducere a rezistenţei I va fi luat din tabelul 6.1 din cod, în funcţie de rapoartele h_{ef}/t şi e_{mk}/t, în care e_{mk} este excentricitatea de calcul în zona centrală a peretelui (la 2/3 h_{et}, măsurată de la baza peretelui), calculată cu relaţia:

$$e_{mk} = e_m + e_k$$

în care:

$$e_m = \frac{2}{3}e_{io} + e_{hm} \pm e_a\,; \quad e_k = 0{,}002\phi_i h_{ef}\sqrt{\frac{e_m}{t}}$$

unde: h_{ef} este înălțimea efectivă a peretelui;

e_{i0} – excentricitatea în secțiunea de sus a peretelui;

e_{hm} – excentricitatea datorată efectului încărcărilor orizontale, în secțiunea de la 2/3 din înălțimea peretelui;

e_a – excentricitatea accidentală;

e_k – excentricitatea datorată curgerii lente;

Φ_i – coeficientul de curgere lentă dat în tabelul următor:

Tabelul 11.6

Valorile coeficientului Φ_m

Zveltețea h_{ef}/t	Excentricitatea relativă e_{mk}/t					
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
5	0.89	0.79	0.69	0.59	0.49	0.39
6	0.88	0.78	0.68	0.58	0.48	0.38
7	0.88	0.77	0.67	0.57	0.47	0.37
8	0.86	0.76	0.66	0.56	0.45	0.35
9	0.85	0.75	0.65	0.54	0.44	0.34
10	0.84	0.73	0.63	0.53	0.42	0.32
11	0.82	0.72	0.61	0.51	0.40	0.30
12	0.80	0.70	0.59	0.49	0.38	0.28
13	0.79	0.68	0.57	0.47	0.36	0.26
14	0.77	0.66	0.55	0.45	0.34	0.24
15	0.75	0.64	0.53	0.42	0.32	0.22
16	0.72	0.61	0.51	0.40	0.30	0.20
17	0.70	0.59	0.48	0.38	0.28	0.18
18	0.68	0.57	0.46	0.35	0.25	0.16
19	0.65	0.54	0.44	0.33	0.23	0.14
20	0.63	0.52	0.41	0.31	0.21	0.13

Determinarea înălțimii efective a peretelui h_{ef}. Înălțimea efectivă a unui perete de zidărie (h_{ef}) se stabilește în funcție de dimensiunile panoului (h, l_w) și de condițiile de legătură ale acestuia cu elementele adiacente (planșee și/sau pereți perpendiculari).

Un perete din zidărie poate fi considerat rigidizat dacă este legat, prin țesere, cu un perete din zidărie perpendicular, care îndeplinește următoarele condiții:

• lungimea peretelui de rigidizare este ≥ 1/5 din înălțimea etajului;

• grosimea peretelui de rigidizare este ≥ 1/2 din grosimea peretelui care este rigidizat;

• în cazul în care peretele de rigidizare are goluri în vecinătatea peretelui rigidizat, lungimea acestuia trebuie să îndeplinească condiţiile din figura 11.31.

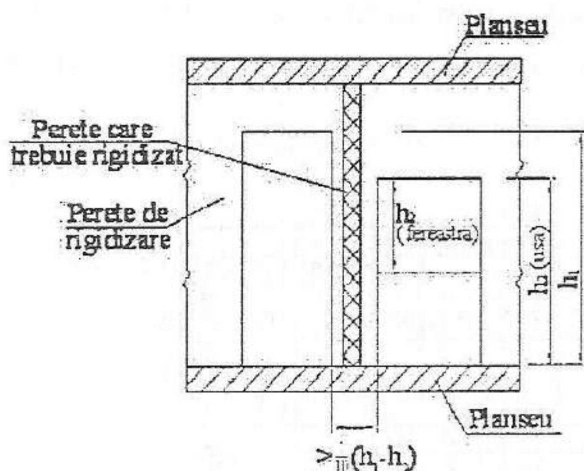


Fig. 11.31. Rigidizarea unui perete cu pereţi transversali.

Pentru calculul capacităţii de rezistenţă, grosimea reală a peretelui rigidizat cu pilaştri de zidărie (t) se multiplică cu coeficientul supraunitar P_w:

$$t_{calc} = P_w t$$

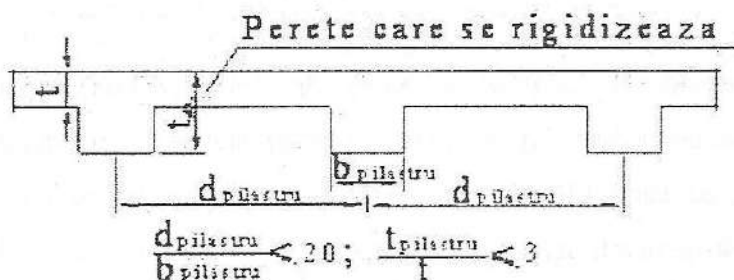


Fig. 11.32. Rigidizarea pereţilor cu pilaştri din zidărie.

Înălţimea efectivă h_{ef} a unui perete de zidărie va fi calculată cu relaţia:

$$h_{ef} = \rho_n h$$

în care: ρ_n, (n = 2–4) este coeficient care ține seama de condițiile de rezemare pe contur și de numărul laturilor peretelui care sunt rezemate/ /rigidizate;

h – înălțimea liberă a peretelui;

l_w – lungimea secțiunii orizontale a peretelui.

Coeficienții ρ_n se stabilesc după cum urmează:

- perete fixat cu planșeu de beton armat sau din lemn dispus pe ambele părți:

$$\rho_2 = 0,75$$

- perete fixat cu planșeu de beton armat sau din lemn dispus pe o singură parte (perete exterior, de exemplu):

$$\rho_2 = 1,00$$

În funcție de condițiile de fixare la nivelul planșeelor ρ_2 coeficienții ρ_3 (pentru perete rigidizat pe o latură verticală) și ρ_4 (pentru perete rigidizat pe două laturi verticale) se determină conform tabelului 11.7:

Tabelul 11.7

Valori ρ_2	Valori ρ_3		Valori ρ_4	
	$h \le 3.5\, l_w$	$h > 3.5\, l_w$	$h \le l_w$	$h > l_w$
0.75	$\rho_3 = \dfrac{12}{16+\left(\dfrac{h}{l_w}\right)^2}$	$\rho_3 = 1.5\dfrac{l_w}{h}$	$\rho_4 = \dfrac{12}{16+\left(\dfrac{3h}{l_w}\right)^2}$	$\rho_4 = \dfrac{l_w}{2h}$
1.00	$\rho_3 = \dfrac{1}{1+\left(\dfrac{h}{3l_w}\right)^2}$		$\rho_4 = \dfrac{1}{1+\left(\dfrac{h}{l_w}\right)^2}$	

B. Rezistența pereților la compresiune locală sub efectul încărcărilor concentrate. Pentru un perete din ZNA, alcătuit cu elemente de zidărie din grupa 1, rezistența de proiectare la compresiune locală datorată încărcărilor concentrate se va determina cu relația:

$$N_{Rd,cl} = \beta A_b f_d$$

în care: $1{,}0 \leq \beta = \left(1 + 0{,}30\frac{a_1}{H}\right)\left(1{,}5 - 1.1\frac{A_b}{A_{ef}}\right) \leq \beta_{max}$

cu notațiile: β – coeficient de majorare pentru încărcări concentrate;

a_1 – distanța de la capatul peretelui până la cea mai apropiată margine a ariei pe care se transmite încărcarea;

A_b – aria pe care se aplică încărcarea $\leq 0{,}45\,A_{ef}$;

H_0 – înălțimea peretelui de la bază până la nivelul la care se aplică încărcarea concentrată;

A_{ef} – aria încărcată:

$$A_{ef} = t\,L_{ef}$$

unde $L_{ef} \leq \frac{2{,}2A_b}{t}$ este lungimea efectivă de preluare a încărcării, măsurată la jumătatea înălțimii peretelui sau pilastrului, rezultată prin descărcarea forței verticale la un unghi de 60° cu orizontala.

C. Rezistența de proiectare a pereților din zidărie la forța axială și încovoiere în planul median

Pereți din zidărie nearmată. Rezistența de proiectare la încovoiere (M_{Rd}), asociată forței axiale de proiectare (N_{Sd}), pentru încărcări ***neseismice*** (gravitaționale) aplicate în planul median al unui perete, se va calcula considerând că blocul eforturilor de compresiune are forma dreptunghiulară cu valoare $0{,}8f_d$.

În condițiite enunțate la începutul subcap. 11.11.6.1, rezistența de proiectare la încovoiere M_{Rd} se va calcula după cum urmează:

1. Se determină aria zonei comprimate a peretelui:

$$A_{zc} = \frac{N_{Sd}}{0{,}8f_d}$$

2. Se determină distanța y_{zc} de la centrul de greutate al peretelui până la centrul de greutate al zonei comprimate.

3. Se determină rezistența de proiectare la încovoiere (M_{Rd}) cu relația:

$$M_{Rd} = N_{Sd} y_{zc}$$

În cazul particular al unui perete dreptunghiular, cu lungime l_w și grosime t, relațiile devin:

• adâncimea zonei comprimate:

$$x_{Rd} = \frac{N_{Sd}}{0{,}8 f_d t}$$

• momentut încovoietor de proiectare:

$$M_{Rd} = \frac{N_{Sd}}{2}\left(l_w - x_{Rd}\right)$$

În cazul în care forța axială este aplicată excentric față de planul peretelui, adâncimea zonei comprimate se va determina cu relația:

$$x_{Rd} = \frac{N_{Sd}}{0{,}8 \phi_{i(m)} f_d t}$$

În cazul pereților din zidărie nearmată, la care încovoierea în planul peretelui este produsă de ***forța seismică,*** rezistența de proiectare la încovoiere (M_{Rd}) asociată forței axiale de proiectare (N_{Ed}) se va determina ca și pentru încărcările neseismice, dar cu limitarea ariei pe care se dezvoltă eforturi de întindere prin condiția:

$$y_{zc} < 1{,}2 r_{zc}$$

unde r_{zc} este distanța de la centrul de greutate al secțiunii orizontale a peretelui până la limita sâmburelui central aflat de aceeași parte cu fibra comprimată.

În cazul particular al unui perete dreptunghiular cu lungime l_w, rezistența devine:

$$M_{Rd} = 0{,}2 l_w N_{Ed}$$

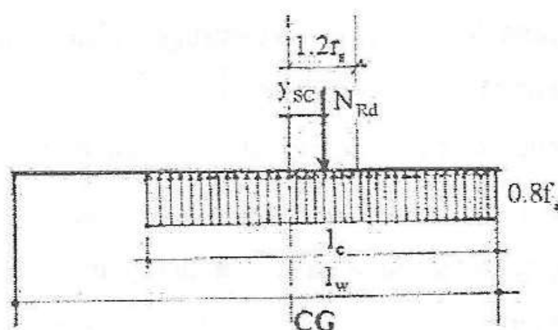


Fig. 11.33. Calculul rezistenței de proiectare la încovoiere cu forță axială pentru zidăria nearmată.

Pereți din zidărie confinată, cu sau fără armături în rosturile orizontale. Calculul rezistenței de proiectare la încovoiere (M_{Rd}), asociată forței axiale de proiectare din încărcări ***seismice*** (N_{Ed}) pentru pereții de zidărie confinată (ZC, ZC+AR), executați cu elemente de zidărie din grupele 1, 2 și 2S, se face în următoarele ipoteze:

- se neglijează:
  - rezistența la eforturi unitare de întindere a betonului din stâlpișorul de la extremitatea solicitată la întindere a peretelui (pentru ipoteza respectivă de încărcare);
  - rezistența mortarului din rosturile orizontale ale zidăriei;
  - secțiunea de beton în armătura eventualilor stâlpișori intermediari;
- se ține seama de aportul elementelor de confinare verticale:
  - secțiunea de beton a stâlpișorului de la extremitatea comprimată;
  - armătura ambilor stâlpișori de la extremități.
- în stadiul ultim, starea de deformație, în situația de „***balans***” , este următoarea:
  - la extremitatea comprimată se ating valorile maxime ale deformațiilor specifice ale zidăriei/ betonului;
  - în armătura stâlpișorului de la extremitatea întinsă se atinge rezistența de curgere a oțelului;

• blocul eforturilor de compresiune în zidărie și/sau beton este dreptunghiular și se dezvoltă pe o adâncime de 0,80x, unde x este distanța de la axa neutră până la fibra cea mai comprimată.

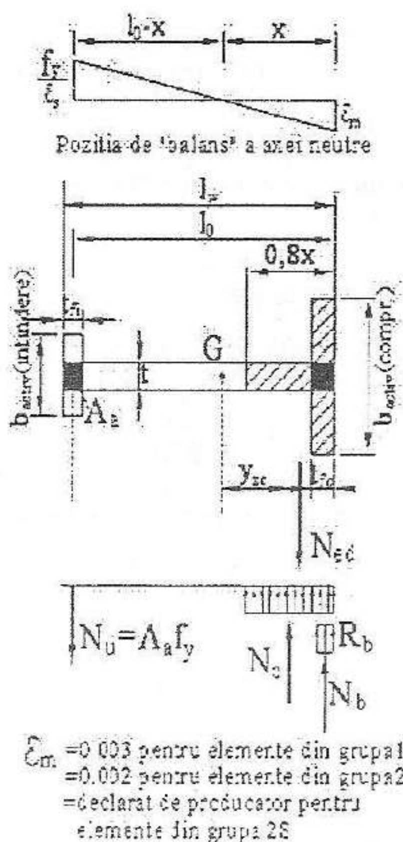


Fig. 11.34. Calculul rezistenței de proiectare la încovoiere cu forță axială pentru zidăria confinată

Rezistența de proiectare la încovoiere a secțiunii ideale de zidărie nearmată se calculează în următoarele ipoteze:

• este valabilă ipoteza secțiunilor plane;

• aria de beton armat a stâlpișorilor comprimați poate fi înlocuită cu o arie echivalentă de zidărie; coeficientul de echivalență n_{ech} se ia egal cu raportul dintre valoarea de bază a rezistenței de proiectare la compresiune a

betonului din stâlpişor (f^*_{cd}) redusă cu coeficientul condițiilor de lucru m = 0,75 şi rezistența de proiectare la compresiune a zidăriei (f_d):

$$n_{ech}= 0{,}75\frac{f^*_{cd}}{f_d}$$

• blocul eforturilor de compresiune are forma dreptunghiulară, cu valoarea maximă egală cu $0{,}80f_d$;

• adâncimea maximă a zonei comprimate va fi $x \leq x_{max} = 0{,}30l_w$, unde l_w este lungimea peretelui.

Cu ipotezele de mai sus rezultă:

• aria secțiunii ideale de zidărie comprimată (A_{zci}):

$$A_{zci} = \frac{N_{Ed}}{0{,}8f_d}$$

• momentul încovoietor de proiectare al secțiunii ideale de zidărie

$$M_{Rd}\,(\text{ZNA, I}) = N_{Ed}y_{zci}$$

unde y_{zci} este distanța de la centrul de greutate al peretelui până la centrul de greutate al zonei comprimate a secțiunii ideale de zidărie.

Rezistența de proiectare la încovoiere dată de armăturile stâlpişorilor $M_{Rd}(\text{A}_\text{S})$ se calculează cu relația:

$$M_{Rd}(\text{A}_\text{S}) = l_sA_s\,f_{yd}$$

în care: l_s este distanța între centrele de greutate ale celor doi stâlpişori de la extremități;

A_s – cea mai mică dintre ariile de armare ale celor doi stâlpişori;

f_{yd} – rezistența de calcul a armăturii din stâlpişori.

Pereți de zidărie cu inima armată. Rezistența de proiectare la încovoiere (M_{Rd}) asociată forței axiale de proiectare (N_{Ed}), pentru zidăria cu inimă armată (ZIA), se va calcula folosind următoarele ipoteze:

• ipoteza secțiunilor plane:

• zidăria, betonul și armătura au comportare ductilă definită de curbele σ–ε respective;

• straturile paralele de zidărie și beton conlucrează până în stadiul ultim;

• blocul eforturilor de compresiune în stadiul ultim este dreptunghiular, cu adâncimea x_{conv} = 0,80x, unde x este distanța de la fibra cea mai comprimată până la axa neutră a secțiunii orizontale a peretelui;

• deformațiile specifice în stadiul ultim ale zidăriei și betonului sunt egale $\varepsilon_{ub} = \varepsilon_{uz} = -3{,}0‰$, dacă se folosesc elemente de zidărie din grupa 1; în cazul zidăriei cu elemente din grupele 2 și 2S, deformația ultimă a betonului va fi luată egală cu deformația ultimă a zidăriei, respectiv $\varepsilon_{uz} = -2‰$, pentru elemente din grupa 2, sau valoarea declarată de către producător pentru elemente din grupa 2S;

• armătura stratului median este uniform distribuită în lungul peretelui (a_s, în mm²/m).

În ipotezele menționate, rezistența de proiectare la încovoiere M_{Rd} asociată forței axiale de proiectare (N_{Ed}) se poate calcula, suficient de precis, prin însumarea rezistenței de proiectare la încovoiere a secțiunii ideale de zidărie nearmată cu rezistența de proiectare a armăturilor din stratul median

$$M_{Rd}\,(\text{ZIA}) = M_{Rd}\,(\text{ZNA, I}) + M_{Rd}\,(\text{A}_S)$$

Grosimea echivalentă a secțiunii ideale de zidărie nearmată se va calcula cu relația:

$$t_{ech} = 2t_z + n_{ech}t_m$$

în care: t_z este grosimea straturilor de zidărie exterioare;

t_m – grosimea stratului median de mortar/beton;

n_{ech} – coeficientul de echivalență .

Rezistența de proiectare a armăturilor, M_{Rd} (A$_S$), se va calcula cu relația:

$$M_{Rd}(\text{A}_S) = 0{,}4a_Sl_w{}^2f_{yd}$$

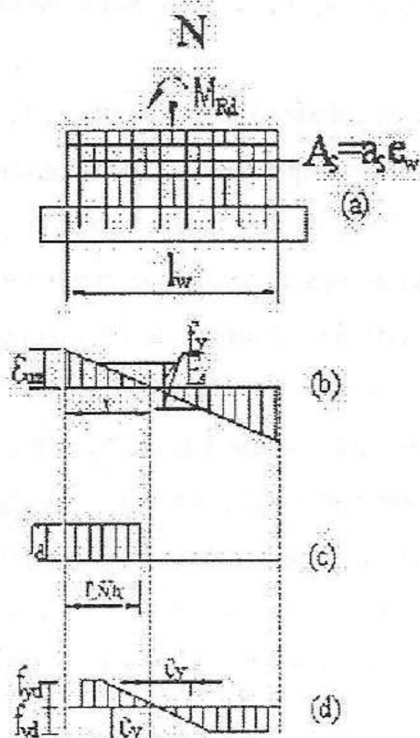


Fig. 11.35. Rezistența de proiectare la încovoiere cu forță axială pentru zidăria cu inima armată

D. Rezistența de proiectare a pereților structurali de zidărie la forța tăietoare

Pereți de zidărie nearmată. Rezistența de proiectare la forța tăietoare V_{Rd} a pereților de zidărie nearmată se va calcula cu relația:

$$V_{Rd} = f_{vd} t l_c$$

în care: f_{vd} este rezistența unitară de proiectare la forfecare a zidăriei;

t – grosimea inimii peretelui;

l_c – lungimea zonei comprimate a inimii peretelui.

Pereți de zidărie confinată. Rezistența de proiectare la forța tăietoare a pereților de zidărie confinată, V_{Rd}, se obține prin însumarea rezistenței de proiectare la forța tăietoare a panoului de zidărie nearmată (V_{Rd1}) și a

rezistenței de proiectare la forfecare datorată armăturii din stâlpișorul de la extremitatea comprimată a peretelui (V_{Rd2}):

$$V_{Rd} = V_{Rd1} + V_{Rd2}$$

În cazul forței tăietoare provenite din acțiunea seismică, valoarea rezistenței de proiectare a panoului de zidărie nearmată (V_{Rd1}), va fi redusă prin înmulțire cu un coeficient subunitar stabilit prin Codul P 100-1/2006.

Rezistența de proiectare la forfecare a armăturii verticale din stâlpișorul comprimat se va calcula cu relația:

$$V_{Rd2} = 0{,}2A_{asc}f_{yd}$$

în care: A_{asc} este aria armăturii din stâlpișorul de la extremitatea comprimată;

f_{yd} – rezistența de proiectare a armăturii din stâlpișorul comprimat.

Pereți de zidărie confinată și armată în rosturile orizontale (ZC+AR). Rezistența de proiectare la forța tăietoare a pereților de zidărie confinată și armată în rosturile orizontale se calculează prin însumarea rezistenței la forța tăietoare a zidăriei confinate (V_{Rd1} + V_{Rd2} – determinată cu relațiile de mai sus) și a rezistenței de proiectare a armăturilor din rosturile orizontale (V_{Rd3}).

$$V_{Rd} = V_{Rd1} + V_{Rd2} + V_{Rd3}$$

Rezistența de proiectare a armăturilor din rosturile orizontale (V_{Rd3}) se calculează, în cazul pereților cu înălțimea totală (h_{tot}) ≥ lungimea peretelui (l_w) cu relația:

$$V_{Rd3} = 0{,}8 l_w \frac{A_{sw}}{s} f_{ysd}$$

în care: l_w este lungimea peretelui;

A_{sw} – aria armăturilor din rostul orizontal (pentru preluarea forței tăietoare);

s – distanța pe verticală între două rânduri succesive de armături A_{sw};

f_{ysd} – rezistența de proiectare a armăturii din rosturile orizontale.

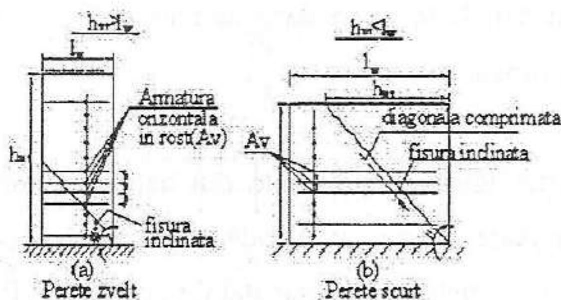


Fig. 11.36. Rezistența de proiectare a armăturilor din rosturile orizontale ale zidăriei.

Pereți de zidărie cu inima armată. Rezistența de proiectare la forța tăietoare a pereților din zidărie cu inima armată V_{Rd} (ZIA) se determină prin însumarea rezistențelor de proiectare la forța tăietoare ale celor trei materiate componente:

$$V_{Rd}\,(\mathrm{ZIA}) = V_{Rdz} + V_{Rdb} + V_{Rda}$$

unde: V_{Rdz} este rezistența de proiectare la forța tăietoare a zidăriei;

V_{Rdb} – rezistența de proiectare la forța tăietoare a stratului median de beton sau mortar-beton;

V_{Rda} – rezistența de proiectare la forța tăietoare a armăturitor orizontale din stratul median.

Rezistența de proiectare la forța tăietoare a zidăriei V_{Rdz} se determină cu relația:

$$V_{Rdz} = f_{vd}\, l_c t_z$$

în care: f_{vd} este rezistența de proiectare la forfecare a zidăriei;

l_c – lungimea zonei comprimate a peretelui;

t_z – grosimea totală a celor două straturi de zidărie.

11.11.6.4. Verificarea siguranței clădirilor din zidărie

• **Verificarea cerinței de rezistență.** Se va face pentru solicitările în planul peretelui și pentru cele perpendiculare pe planul peretelui.

Verificarea cerinței de rezistență pentru solicitările în planul peretelui. Elementele structurale și nestructurale de zidărie vor fi proiectate pentru a avea, în toate secțiunile, rezistențele de proiectare la eforturi secționale (N_{Rd}, M_{Rd}, V_{Rd}) mai mari decât eforturile secționale de proiectare (N_{sd}, M_{sd}, V_{sd}) rezultate din încărcările cele mai defavorabile din grupările de încărcări, luând ca document normativ de referință STAS 10101/OA-77.

În cazul în care încărcările cele mai defavorabile provin din grupări care includ acțiunea seismică, se va proceda după cum urmează:

- rezistențele de proiectare la eforturi secționale (N_{Rd}, M_{Rd}, V_{Rd}) ale pereților structurali vor fi stabilite considerând suprarezistența armăturilor în situațiile menționate în Codul P100-1/2006;
- eforturile secționale de proiectare vor avea valorile (N_{Ed}, M_{Ed}, V_{Ed}), care vor fi determinate conform prevederilor din Codul P 100-1/2006;
- rezistența de proiectare la lunecare verticală (V_{Lhd}) va fi mai mare decât forța de lunecare verticală; pentru calculul forței de lunecare, momentele încovoietoare se vor introduce cu valorile de proiectare stabilite conform Codului P 100-1/2006;
- verificarea cerinței de rezistență se va face în condițiile stabilite prin Codul P 100-1/2006.

Pereții de zidărie de umplutură din structurile din cadre se vor verifica la starea limită ultimă, separat, pentru:

- efectele rezultate din interacțiunea cu structura, în cazul solicitării seismice;
- efectele acțiunii seismice sau a presiunii vântului, perpendiculară pe planul peretelui.

Cerința de siguranță pentru efectele rezultate din interacțiunea pereților de zidărie de umplutură cu cadrul este îndeplinită dacă este satisfăcută relația:

$$F_{Ed}(zu) \leq F_{Rd}(zu)$$

unde: $F_{Ed}(zu)$ este forța axială de proiectare din diagonala comprimată corespunzătoare acțiunii seismice de proiectare;

$F_{Rd}(zu)$ – rezistența de proiectarea a panoului de umplutură.

Stâlpii și grinzile cadrului se vor verifica pentru forțele și deformațiile suplimentare rezultate din interacțiunea cu panoul de zidărie, luând valorile din documentul normativ de referință STAS 10107/0-90, în cazul cadrelor din beton armat, și pe cele din documentul de referință STAS 10108/0-78, în cazul cadrelor din oțel.

Verificarea cerinței de rezistență pentru solicitările perpendiculare pe planul peretelui. Cerința de rezistență la acțiunea forțelor perpendiculare pe plan este îndeplinită dacă există relațiile:

$$M_{Rxd1} \geq M_{Sxd2}$$

$$M_{Rxd2} \geq M_{Sxd2}$$

în care: M_{Sxd1} și M_{Sxd2} sunt momentele încovoietoare de proiectare datorate forțelor perpendiculare pe plan;

M_{Rxd1} și M_{Rxd2} – rezistențele de proiectare la încovoiere perpendicular pe planul peretelui de zidărie.

În cazul curent, când încărcarea perpendiculară pe plan provine din acțiunea seismică, momentele încovoietoare de proiectare vor avea valorile M_{Exd1} și M_{Exd2} determinate conform Codului P 100-1/2006.

• **Verificarea cerinței de rigiditate.** Cerința de rigiditate la acțiunea forțelor seismice a clădirilor de zidărie este satisfăcută dacă deplasările relative de nivel ale clădirii d_r se înscriu în limitele stabilite în Codul P100-1/2006.

Cerința de rigiditate a planșeelor implică:

• limitarea deformațiilor verticale la valorile stabilite prin reglementările specifice, în funcție de:

– materialul de construcție (beton armat sau lemn);

– poziția planșeului în clădire (planșeu curent, planșeu de acoperiș);

– caracteristicile pereților de compartimentare rezemați pe planșeu;

– tipul finisajelor aplicate;

• limitarea / evitarea vibrațiilor planșeelor pentru:

– planșeele din beton armat cu deschideri mari, în clădiri în care se petrec activități care pot provoca vibrații (săli de gimnastică, săli de dans etc);

– planșeele de lemn la toate categoriile de clădiri.

Verificarea satisfacerii cerinței de rigiditate pentru planșee se face conform reglementărilor specifice pentru materialele respective.

• **Verificarea cerinței de stabilitate.** Cerința de stabilitate a clădirilor de zidărie este satisfacută dacă sunt respectate cerințele de alcătuire pentru ansamblul construcției date și cerințele geometrice și de alcătuire constructivă pentru fiecare perete.

• **Verificarea cerinței de ductilitate.** Cerința de ductilitate a pereților din zidărie este considerată satisfăcută dacă sunt îndeplinite următoarele cerințe:

• efortul unitar mediu de compresiune din încărcările gravitaționale se limitează la valori moderate (orientativ, circa 40% din rezistența de proiectare la compresiune centrică);

• sub efectul simultan al încărcărilor gravitaționale și seismice:

– se limitează adâncimea zonei comprimate;

– armătura din zona întinsă reprezintă numai o fracțiune din cantitatea corespunzătoare situației de „balans";

– deformația specifică în zidăria tălpilor pereților cu secțiuni compuse (L, T, I) se limitează la valoarea deformației ultime (ε_{zu}) a elementelor pentru zidărie;

– capacitatea de rezistență la forța tăietoare (care poate genera ruperi de tip fragil – ruperea din forța tăietoare pe secțiuni în scară, de

exemplu) – este superioară forței tăietoare asociate mecanismului de rupere ductil, sau mai puțin fragil, din compresiune excentrică.

11.12. Particularități specifice structurilor supuse acțiunilor seismice. Forțe seismice reale

Se poate pune problema alegerii tipului de fundații care să asigure un sistem controlat pentru suprastructura supusă unui cutremur posibil mare. În acest sens, putem defini pentru infrastructură și suprastructură două tipuri de comportări: elastică și plastică.

Suprastructură elastică. Situația poate fi prevăzută în mod intenționat, prin dimensionare.

Infrastructuri elastice. Sunt caracteristice situațiilor în care atât pentru suprastructură cât și pentru infrastructură nu sunt admise deformații plastice. Este cazul construcțiilor joase sau cu dimensiuni mari în plan.

Infrastructuri ductile. Sunt caracteristice când capacitatea de rezistență a structurii este mai mare decât cea corespunzătoare cutremurului de proiectare. În acest caz, infrastructura este locul în care se va disipa energie în timpul comportării inelastice a construcției. Astfel, toate exigențele comportării inelastice vor trebui îndeplinite de infrastructură. Inconvenientul major este că repararea degradărilor de infrastructură se face costisitor.

Fundații cu zone active. Când sunt necesare transmiteri de moment încovoietor puternic la infrastructură, chiar dacă acestea corespund unor armări modeste la suprastructură, se pot alege fundații cu zonă activă (cu dezlipiri parțiale de teren). Premisa unei astfel de soluții o constituie analiza dinamică detaliată a comportării fundației și a terenului. Forțele orizontale maxime care sunt transmise de aceste fundații corespund forțelor capabile ale suprastructurii.

Suprastructură ductilă. Suprastructura ductilă este caracteristică prin disiparea energiei în anumite zone ale suprastructurii, în timp ce părți importante ale suprastructurii rămân să lucreze elastic.

Coeficientul de reducere a forței seismice ψ este datorat:

– capacității de deformare postelastică;

– altor efecte favorabile (de exemplu, amortizarea vibrațiilor prin frecare interioară, rezerve de rezistență care nu pot fi cuantificate în calcul).

Criterii generale pentru estimarea și controlul nivelului de asigurare a protecției antiseismice la clădirile existente. Examinarea unei construcții existente și proiectarea intervențiilor necesare pentru punerea ei în siguranță trebuie să aibă în vedere următoarele aspecte:

Asigurarea unei concepții structurale de ansamblu favorabile. Trebuie să permită un răspuns în condiții avantajoase la acțiuni seismice. Este necesar a sublinia faptul că, în multe situații, la construcțiile vechi se pot pune probleme dificile în ceea ce privește preluarea încărcărilor gravitaționale, în sensul că expertiza poate scoate în evidență defecțiuni importante ca: necorespondență pe verticală a zidurilor portante, slăbiri ale unor elemente portante etc.

Verificarea prin calcul a structurii de rezistență. Aceasta trebuie să cuprindă:

– verificări de rezistență (determinarea capacității portante);

– verificări de rigiditate (limitarea deformațiilor laterale sub acțiunea forțelor orizontale seismice);

– verificări de ductilitate (capacitatea de dezvoltare a deformațiilor postelastice, fără a atinge starea de colaps).

Alcătuirea de detaliu a elementelor structurale și a legăturilor dintre ele (infrastructură, suprastructură, elemente neportante). Concepția constructivă de ansamblu are în vedere:

– asigurarea unei concepții controlate de ansamblu:

– verificarea gradului de preluare și transmitere până la terenul de fundație a încărcărilor gravitaționale;

– eliminarea reazemelor de ordin II, considerarea componentelor verticale ale forțelor seismice. Astfel de probleme apar la clădiri care au suferit supraetajări sau transformări funcționale radicale;

– asigurarea unor elemente de preluare a forțelor orizontale acționând după orice direcție în plan. Se recomandă ca rigiditatea la deplasări laterale ale elementelor portante să fie aceeași după orice direcție;

– detectarea unor eventuale legături slabe între corpuri de clădire învecinate, eventual crearea rosturilor antiseismice;

– evitarea producerii fenomenelor de torsiune sub acțiunea forțelor orizontale;

– controlul gradului în care planșeele, lucrând ca șaibe orizontale, asigură sau nu o conlucrare spațială a structurii la acțiunea unor forțe orizontale dirijate;

– când nu pot fi evitate torsiunile generale mai pronunțate, este de dorit ca acestea să fie preluate de elemente portante verticale cu braț de pârghie cât mai mare, fapt pentru care se recomandă ca măcar după una din direcții să se prevadă pereți structurali marginali.

Verificarea de rezistență implică:

– semnificația valorilor de calcul ale forțelor seismice. Verificarea la starea limită de rezistență la încărcări obișnuite, gravitaționale și climatice, prezintă ca principale caracteristici faptul că încărcările de calcul sunt cunoscute;

– verificarea de rezistență constă în determinarea eforturilor secționale produse de aceste forțe și compararea lor cu eforturile secționale capabile în fiecare secțiune:

$$S_{cap} \geq S_{nec}$$

S_{cap} nu măsoară capacitatea de rezistență a structurii la acțiunea forțelor orizontale seismice, ci exprimă nivelul ei de asigurare în stadiul elastic.

Corelarea dintre stabilirea forței seismice de calcul și ductilitatea necesară reprezintă o problemă nedeterminată, deci cu o infinitate de soluții. Această gamă de posibilități permite o negociere a forțelor seismice de calcul, în funcție de considerente tehnice și economice.

La realizarea structurilor cu diafragme din zidărie se pot utiliza următoarele soluții de planșee:

– planșee din beton armat monolit sau prefabricat;

– planșee din panouri și semipanouri prefabricate din beton armat îmbinate pe contur cu bare sudate sau bucle și prin monolitizare;

– planșee din prefabricate de beton armat de tip fâșie, având bare sau bucle de legătură la capete;

– planșee din prefabricate de tip grinzișoare de beton armat și corpuri de umplutură.

Soluția adoptată este în funcție de înălțimea clădirilor, tipul de structură, gradul de protecție antiseismică.

În vederea asigurării rigidității planșeelor în planul lor, marginile ce delimitează golurile mari se vor întări cu centuri sau grinzi.

Seria „Ingineria construcțiilor"

CONSTRUCȚII CIVILE

Concepția, proiectarea și executarea construcțiilor civile trebuie să îndeplinească un ansamblu de exigențe și criterii de performanță menite să asigure calitatea vieții și activității umane. Această lucrare pune la dispoziția specialiștilor în construcții un ansamblu de cunoștințe necesare în procesul de proiectare și realizare a clădirilor civile, în contextul exigențelor europene. Prin modul de prezentare a principalelor aspecte teoretice și practice, cartea reprezintă un important instrument pentru înțelegerea și interpretarea principiilor complexe, structurale și funcționale, ale clădirilor civile.

Sunt prezentate performanțele privind calitatea construcțiilor, acțiunile care intervin pe parcursul exploatării construcțiilor, exigențele termotehnice și elemente privind calculul termic al clădirilor, elemente de acustică a acestora, iluminatul în construcții civile. Totodată, capitole distincte ilustrează calculul și alcătuirea infrastructurii clădirilor – fundații și subsoluri, precum și calculul și alcătuirea suprastructurii, cu detalierea tuturor componentelor structurale: planșee, acoperișuri, pereți, scări. De asemenea, sunt redate detaliat cerințele funcționale și organizarea spațiului, principiile și metodele de calcul, precum și alcătuirea constructivă de ansamblu a construcțiilor civile: structurile constructive din zidărie portantă, structurile în cadre din beton armat, structurile cu diafragme din beton armat, structurile mixte și structurile speciale, prezentându-se, totodată, și particularitățile specifice clădirilor amplasate în zone seismice.

La baza elaborării lucrării au stat o bogată bibliografie de specialitate, din țară și din străinătate, precum și actualele exigențe privind calitatea și performanța în domeniul construcțiilor civile la nivelul Uniunii Europene, atât din punct de vedere al metodelor de calcul cât și cu privire la diversificarea gamei de materiale și tehnologii care să asigure un grad sporit de confort și siguranță în exploatare, concomitent cu reducerea consumului de materiale și energie.

ISBN 978-973-720-163-8

